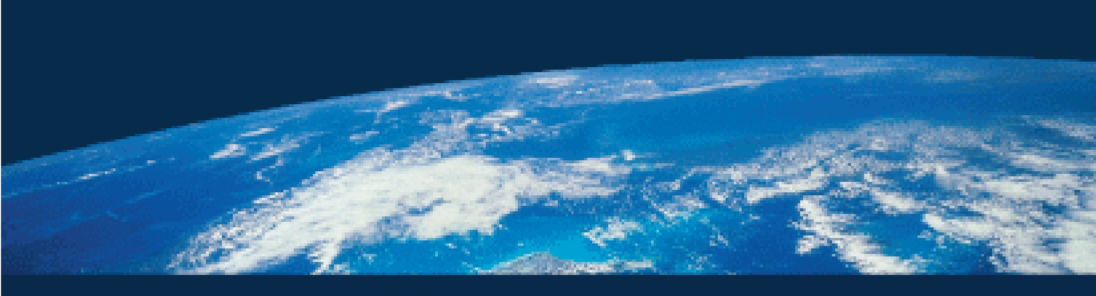
А.Т. ЗВЕРЕВ

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ЭКОЛОГИИ



ЗАКОНЫ СУЩЕСТВУЮТ НЕЗАВИСИМО ОТ СОЗНАНИЯ ЛЮДЕЙ

УДК 574
ББК 20.1я2
З43

А.Т. Зверев

Зверев А.Т.
З43 Основные законы экологии. – М.,: Издательский дом Паганель, 2009. – 171 с.

ISBN 978-5-903889-05-1

В учебном пособии рассматриваются основные законы, правила и принципы экологии. В нем представлены различные философские, социальные, экономические, географические, природоресурсные и другие аспекты взаимодействия общества и окружающей среды, существования системы человек – общество – природа.

Издание снабжено экологическим словарем.

Издание рекомендуется в качестве учебного пособия преподавателям и студентам, специалистам в области краеведения, менеджерам по туризму, а также в качестве дополнительного учебного пособия учащимся школ, лицеев и гимназий.

ISBN 978-5-903889-05-1

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге изложены основные законы, правила и принципы экологии, без знания и практического использования которых в организации своей жизни человечество не избегнет быстро надвигающейся глобальной экологической катастрофы.

“Человека называют властителем природы, но мудрость, с которой мы властвуем, от природы не дается. Этому надо учиться”, – писал более 150 лет назад знаменитый русский математик, создатель неевклидовой геометрии Н.И. Лобачевский.

“Люди погибнут от неумения пользоваться силами природы и от незнания истинного мира”, – так переводится иероглифическая подпись на пирамиде Хеопса.

«Самое главное научить людей мыслить», – писал в середине XX в. немецкий писатель Б. Брехт.

Все приведенные высказывания философов древности, современных ученых и писателей показывают необходимость изучения законов развития природы с тем, чтобы мудро пользоваться ее благами не во вред себе и будущим поколениям, чтобы всегда можно было убедительно аргументировать мотивации своих поступков и высказываний в пользу охраны природы и окружающей среды жизни. А это в наше время очень необходимо. Американский эколог П. Р. Эрлих в своей статье “Стратегия охраны природы 1980–2000” об отношениях экологов и технократов пишет: “Политики, экономисты, инженеры, хозяйственники и т. д. – все будут просить вас быть «разумными», «подходить с ответственностью», и идти на компромиссы. Вы обнаружите, что вам противостоят люди – часто умные, приятные, благонамеренные люди, которые хотят всего лишь продолжать действовать так, как вполне можно было действовать в последние два столетия. Помните всегда: эти люди ваши противники. Какими бы благими ни были их намерения, они невольно несут угрозу вам, вашим детям и детям ваших детей. То, что от их деятельности пострадают и они сами, и их потомки, не делает их менее опасными для всего мира”.

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ

Предмет экологии

Термин экология (от греч. *oikos* – обиталище, дом; *logos* – учение) ввел в научное обращение немецкий биолог Э. Геккель (1834–1919) в своем фундаментальном труде «Общая морфология организмов» (1866). По Э. Геккелю, **экология – это «общая наука об отношениях организма с окружающей средой»**.

Это определение является основой современных представлений об экологии как части биологической науки (биоэкология), изучающей отношения живых организмов между собой и с окружающей средой. Биоэкология изучает эти отношения в рамках растительного и животного мира, а также микроорганизмов.

В 20-30-х годах XX в. в американской научной литературе было сформулировано представление о социальной экологии и экологии человека, которые в значительной степени были тождественны.

В 60-70-х годах XX в. было введено понятие о глобальной экологии, изучающей последствия взаимоотношений общества и природы на глобальном уровне.

Следовательно, за одно столетие экология значительно расширила свой предмет: если первоначально предметом экологии было выявление природных закономерностей во взаимоотношениях между растениями и животными и окружающей их средой, то на современном этапе – выявление социоприродных закономерностей в системе «человек – общество – природа». В связи с этим определение науки экологии приобрело следующую формулировку:

Экология – это комплексная отрасль современного научного знания, изучающая закономерности взаимоотношения растений, животных и человека между собой и окружающей средой обитания и закономерности воздействия на них измененной под влиянием человека среды.

Основные объекты изучения современной экологии:

– биологические системы различных уровней – виды, популяции, биоценозы, экосистемы и биосфера;

– их организация, функционирование и взаимодействие;

– взаимоотношение в системе человек – общество – природа;

– воздействие измененной человеком окружающей среды на растения, животных и самого человека;

– разработка научных основ по использованию и охране природных ресурсов, сохранению среды в благоприятном для жизнедеятельности человека состоянии.

В условиях научно-технического прогресса особое значение приобрело изучение взаимодействия общества и природы, человека и биосферы. Исторически сложившийся тип «обмена веществ» между обществом и природой, как правило, не вписывается в естественную структуру биосферы. В этих условиях важно уметь определить допустимые пределы воздействия человека на природу.

Пришло понимание, что и человек, и его образ мыслей, и его образ жизни, и его судьба – все это неотделимо от окружающей среды, ее жизни и развития и составляет ее часть.

Это взаимоотношение с природой – воздействие на природу в процессе жизнедеятельности и обратное влияние оскудевшей природы на развитие человека и общества – стало предметом специального изучения экологии.

В современной экологии постепенно оформились самостоятельные области экологической науки: биоэкология, прикладная экология, геоэкология, глобальная экология, экология человека, социальная экология, другие ответвленные науки.

Во второй половине XX в. произошла «экологизация» многих естественных, технических и гуманитарных наук. Были установлены связи экологии с философией. Таким образом, экология в настоящее время активно участвует в формировании современной научной картины мира.

В экологической философии утверждаются гармоничность и целостность природы, в ее основе лежит идея единства человека и природы, в ней обосновываются идеи отказа от традиционных ценностей современной цивилизации (успех, прибыль, карьера) и моделей поведения (эгоизм, индивидуализм).

Экологическая философия является теоретической основой идеологии альтернативных социальных и культурных движений, направленных на гармоничное развитие общества и природы, на сохранение благоприятной окружающей среды для жизни будущих поколений. В ее составе лежит исторический подход в оценке и прогнозе экологических событий и их катастрофических последствий, которые со всей очевидностью показывают, что мы не жертвы какого-то злого божества, а мы жертвы того зла, которое носим в себе. И с этим злом необходимо бороться, воспитывая в себе чувство умеренности, доброты и взаимопонимания.

Современная экология утверждает, что время стихийного развития человечества заканчивается, наступает эпоха управляемого развития, и главной задачей является разработка и использование механизмов управления устойчивым развитием биосферы на всех иерархических уровнях ее организации, которые строятся на тех же принципах самоорганизации, что и живая природа. Экологическое воспитание и образование населения становится главной целью политики государств и международных организаций.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов, подготовленных учащимися на темы:

– история становления экологии как самостоятельной науки;
– цели и задачи современной экологии;
– основные научные направления современной экологии;
– их взаимосвязи.

При подготовке к семинару используется материал данного параграфа и учебники по экологии, биологии, географии и другим наукам.

Практические занятия

Составление схемы структуры современной экологии и ее обоснование по приведенному образцу(рис. 1.).

При выполнении практической работы используется материал, изученный на лекционном уроке и семинаре.

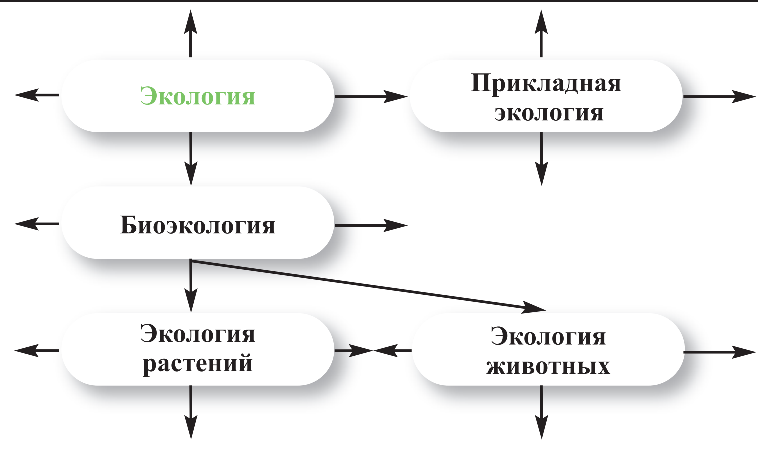


Рис.1. Схема структуры современной экологии

Деловая игра

Учащиеся делятся на 3 группы, каждая из которых отстаивает одно из следующих суждений:

- экология – это раздел биологии;
- экология – это самостоятельная наука, охватывающая все стороны взаимоотношения растений, животных и человека между собой и с окружающей средой;
- экология – это природоохранная наука.

Учащиеся разбиваются на группы самостоятельно по интересам или назначаются преподавателем.

Задача каждой группы – научно обосновать свою точку зрения, исходя из знаний, полученных на уроке, и своей жизненной позиции.

Законы экологии и их классификация

Закон – необходимое, существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между явлениями в природе и обществе. Он выражает общие отношения, связи, присущие всем явлениям данного рода, класса. Существует три основные группы законов: **специфические**, или **частные** (например, закон сложения скоростей в механике); **общие** для больших групп явлений (например, закон сохранения и превращения энергии, закон естественного отбора); **всеобщие**, или **универсальные** (законы диалектики в философии).

Между **общими и частными законами существует взаимосвязь**: общие законы действуют через частные, а последние представляют собой проявление общих.

Законы носят объективный характер, существуют **независимо от сознания людей**. Познание законов составляет задачу любой науки, выступает основой преобразования людьми природы и общества.

В экологии известно более 250 закономерностей – законов, аксиом, принципов, правил. Наурушение этих закономерностей может привести к тяжелейшим последствиям. Достаточно вспомнить критические экологические ситуации в Приаралье, промышленных районах Урала, Сибири и европейской части РФ. Причина их возникновения – безграмотнейшее обращение с природой с нарушением всех ее законов с целью получения сиюминутной выгоды, не заботясь об экологических последствиях.

Научная классификация законов экологии, как и законов любой другой науки, выражает систему законов, присущих отраженной в ней области действительности.

В экологии выделяют **три основные категории (группы) законов** – общие (общесистемные) законы, законы биоэкологии, законы системы человек – общество – природа.

Общесистемные законы – законы, характерные для большинства живых и неживых систем, начиная с микросистем и заканчивая Вселенной. Они охватывают общие законы развития материального мира, иерархии систем и их взаимоотношения с внешней средой.

Законы биоэкологии – законы (закономерности) системы организм – среда, законы распределения и функционирования популяций, сообществ и биоценозов, экосистемные законы и законы эволюции биосферы. Они характеризуют закономерности классической экологии как науки об отношениях растительных и животных организмов и образуемых ими сообществ между собой и с окружающей средой.

В связи с усилившимся воздействием человека на природу законы биоэкологии наряду с общесистемными законами приобрели особое значение как научная основа рационального природопользования и охраны живых организмов.

Законы системы человек – общество – природа – законы (закономерности) взаимодействия общества и окружающей среды. Они являются научной основой при разработке механизмов и решении практических экологических проблем охраны окружающей среды, включая различные философские, социальные, экономические, географические, природоресурсные и другие аспекты.

Главной современной научной концепцией экологии и других наук, позволяющей правильно понимать законы, которые управляют развитием окружающей нас природной среды, стала **естественно-историческая концепция**. Только познав законы исторического развития экологических объектов, явлений, процессов и систем, можно понять и научно объяснить современную экологическую обстановку на Земле и построить прогноз ее развития на будущее.

Естественно-исторический анализ позволил В. И. Вернадскому показать сложнейшие закономерные взаимосвязи живой и неживой природы, возрастающую роль антропогенного фактора, разработать учение о биосфере. Ранее естественно-исторический подход позволил Чарльзу Дарвину разработать учение и обосновать законы об изменении и происхождении видов путем естественного отбора.

Современная экология – это биосферная наука, в ее основе лежит представление о биосферных функциях живого вещества и человечества, которые определяют само существование биосферы, форму и вектор ее развития.

Физические, химические и биологические науки изучают целостно лишь отдельные явления и процессы биосферы. В действительности же эти явления и процессы выступают как единое целое.

Поэтому экология, рассматривающая биосферу как единое целое, представляет собой синтез естественных и гуманитарных наук ,дает целостное знание о биосфере, о месте и роли в ней человека.

Она представляет собой междисциплинарную науку, изучающую законы взаимоотношения живых организмов между собой и с окружающей средой, законы развития микро-, мезо-, макро- и глобальных экосистем и воздействия на них человека, превратившегося в главную преобразующую, созидающую и разрушающую силу.

Именно поэтому одной из главных задач современной экологии является изучение законов воздействия человеческой деятельности на развитие природных объектов и законов обратного воздействия измененной человеком среды на биоценозы, хозяйственную деятельность и здоровье человека.

В связи с этим особую значимость приобрели проблемы, связанные с изучением законов регулирования взаимоотношений в системе человек – общество – природа, с целью перехода на путь устойчивого развития, при котором жизнь и хозяйственная деятельность общества будет проходить в гармонии с законами природы не в ущерб нынешним и будущим поколениям людей.

Главное значение при решении данной фундаментальной проблемы приобретает практическое использование в деятельности общества законов развития природных систем, учет закономерностей реагирования природных систем на антропогенные изменения и воздействия измененных систем на биоту, включая человека.

Для этого необходимо изучать данные законы и закономерности, осваивать методы и способы их практической реализации в своей жизни и хозяйственной деятельности, чтобы наносить как можно меньший вред природе, своему здоровью и условиям хозяйствования.

Выявление закономерностей функционирования экосистем и их реакции на воздействие человека – главная задача на современном этапе, что позволит разработать практические рекомендации по взаимодействию человека и природы.

Другие науки не просто делятся с экологией своими достижениями, а помогают решать встающие перед ней фундаментальные и прикладные проблемы с целью выработки путей их наиболее целесообразного решения и принятия правильной стратегии действий общества на будущее.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов, подготовленных учащимися на темы:

• значение принципов, аксиом, правил и законов в развитии науки (на примере физики, химии и других наук);

• экологические последствия действия универсального закона «борьба противоположностей» в межвидовой конкуренции и во взаимоотношении хищник – жертва;

• значение универсального закона «отрицание отрицания» для эволюции органического вида.

При подготовке к семинару используется теоретический материал данного параграфа и другие учебники по экологии, физике, химии, географии, биологии..

Практические занятия

Используя текст параграфа и оглавление учебника, составить классификацию законов экологии и оформить ее в виде таблицы по приведенному образцу:

Категории законов	Законы, правила и принципы, относящиеся к данным категориям законов
Общие законы	
Законы биоэкологии	
Законы системы человек — общество — природа	

Деловая игра

Вариант А. Учащиеся делятся на 4 группы, каждая из которых поочередно называет закон какой-нибудь науки, а другие должны сказать, в какой области (научном направлении) экологии данный закон может быть использован и какие проблемы он может помочь решить.

Вариант Б. Каждая из четырех групп поочередно называет какое-нибудь научное направление экологии, а остальные группы называют законы биологии, географии, физики, химии и других наук, которые могут быть использованы в данной области экологии.

Задача каждой группы – дать более полный и обоснованный ответ на каждый из поставленных вопросов, исходя из знаний, полученных на уроках экологии, других учебных предметов и источников научной информации.

ГЛАВА 1

ОБЩЕСИСТЕМНЫЕ ЗАКОНЫ, ПРАВИЛА И ПРИНЦИПЫ

1.1. Единство живой материи

- *Закон физико-химического единства живого вещества (В.И. Вернадский)*
- *Закон константности (В.И. Вернадский)*
- *Закон единого для всего живого на Земле генетического кода*
- *Закон направленности эволюции*
- *Закон (правило) необратимости эволюции (Л. Долло)*
- *Закон необходимого разнообразия*
- *Закон неограниченности прогресса*

Закон физико-химического единства – все живое вещество Земли физико-химически едино. Из этого закона, установленного академиком В. И. Вернадским, вытекает важнейшее для экологии следствие: вредное для одной части живого вещества не может быть безразлично для другой его части, или: вредное для одних видов существ вредно и для других.

Следовательно, любые антропогенные загрязнители (физические, химические, биологические), смертельные для одних организмов, не могут не оказывать вредного влияния на другие организмы, например, машинные выхлопы или химические средства борьбы с насекомыми – пестициды. Вся разница состоит лишь в степени устойчивости того или иного организма к воздействующему антропогенному агенту.

Скорость отбора особей и популяций по выносливости к вредному агенту прямо пропорциональна скорости размножения организмов, быстроте чередования поколений. Исходя из этого, при растущем воздействии антропогенных загрязнителей, у устойчивого к ним организма с относительно медленной сменой поколений и у менее устойчивого, но быстро размножающегося вида способности противостоять агенту достаточно быстро уравниваются.

Именно поэтому длительное применение химических методов борьбы с вредителями растений и возбудителями болезней человека и животных с экологических позиций неоправданно. С отбором устойчивых особей быстро размножающихся насекомых нормы химической обработки сельскохозяйственных полей приходится увеличивать. Однако и эти увеличенные концентрации со временем оказываются малоэффективными, но тяжело отражаются на здоровье людей, употребляющих отравленную растительную пищу, и других животных (птиц, ящериц, лягушек и т. д.), поедающих отравленных насекомых. Приходится применять другие более сильные отравляющие вещества, но и к ним насекомые-вредители полей быстро привыкают, а люди и другие животные страдают еще больше.

В. И. Вернадский сделал оценки количества живого вещества в биосфере в разные геологические периоды, на основании которых сформулировал **закон константности**: количество живого вещества биосферы (для данного геологического периода) есть константа.

Согласно закону константности любое изменение количества живого вещества в одном из регионов биосферы неминуемо влечет за собой такую же по размеру его перемену в каком-либо другом регионе, но с обратным знаком. Полярные изменения могут быть использованы в процессах управления природой, но следует учитывать, что не всегда происходит равнозначная замена. Обычно высокоразвитые виды и экосистемы вытесняются другими, стоящими на относительно эволюционно (для экосистем – сукцессионно) более низком уровне (и крупные организмы более мелкими), а полезные для человека формы – менее полезными, нейтральными или даже вредными.

В настоящее время человек нарушил свое равновесие с биосферой. Пока люди и крупные животные в своем потреблении продуктов биосферы не превышали 1 % их общего количества, биосфера находилась в динамическом равновесии с другими земными оболочками.

Современный человек потребляет на свои нужды уже более 7 % продуктов биосферы и существенно нарушает ее естественный баланс. К примеру, уже изменилось соотношение запасов углерода в атмосфере и на суше, разность между синтезом и разложением

органических веществ стала в сотни раз больше, чем было первоначально.

Биосфера уже не справляется со своей функцией стабилизации, и скоро эту функцию человечеству придется взять на себя. В конце концов вся система жизни и среды станет управляться человеком, опирающимся в своей деятельности на законы природы.

Закон единого для всего живого на Земле **генетического кода** – это свойственная живым организмам единая система «записи» наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот (ДНК) в виде последовательности нуклеотидов. Единый алфавит генетического кода для всех растений и животных – это, вероятно, следствие некоторого процесса естественного отбора, сохранившего на Земле наиболее устойчивую, наиболее приспособленную к земным условиям форму передачи наследственной информации – наследственной памяти, которая кодируется нуклеиновыми кислотами.

Перед наукой открылась возможность не только изучать наследственный материал, но и влиять на саму наследственность: «оперировать» ДНК, сращивать участки генов далеких друг от друга животных и растений, иначе говоря, творить неизвестных природе химер — хорошо это или плохо ответит будущее.

Первым с помощью генной инженерии был получен инсулин, недостаток которого в организме приводит к сахарному диабету, затем гормон роста (от греч. *hormao* – возбуждаю, привожу в движение). Позже изменили наследственность свиньи, чтобы она не наращивала столько жира, коровы – чтобы ее молоко не скисало так быстро; сои, кукурузы, помидоров, картофеля и других сельскохозяйственных культур, чтобы они были устойчивы против болезней.

Благодаря вмешательству человека в конструкцию ДНК, были улучшены или изменены качества десятков животных и растений. Но как данная продукция влияет (или может повлиять в будущем через несколько поколений) на человека и другие организмы (грызунов, насекомых, птиц, бактерий, грибов и др.), употребляющих эти продукты и их остатки в пищу, во многом еще для ученых неясно. Поэтому эта продукция обычно помечается особым знаком качества, и дело самого

человека решать, употреблять ее в пищу или нет. Стоит она, как правило, меньше, чем обычная сельскохозяйственная продукция, поэтому пользуется спросом у малообеспеченных слоев населения.

Будучи единым целым, живая природа не представляет собой какой-то замкнутой автономной системы. Она находится в тесном единстве и взаимодействии с окружающей ее неживой природой. Тела животных и растений состоят их тех же химических элементов, в них действуют те же химические и физические законы, которые присущи неживой природе.

Неживая природа не только породила живое на определенной ступени своего развития, но и является необходимым условием его существования и развития. Существование жизни обеспечивается взаимодействием каждой особи с окружающей ее абиотической и биотической средами, а также взаимоотношениями всего органического мира как целого с неживой природой. Первое исторически обусловило строение индивидуумов, их приспособленность к определенным условиям. Второе осуществляется посредством определенной организации видов и образованием сообществ различных форм животных, растений и микроорганизмов.

Единство многообразной и сложно организованной живой природы выражается во взаимосвязях и взаимодействии качественно различных видов животных, растений и микроорганизмов. Эти взаимоотношения и служат основой возникновения и развития сообществ, состоящих из разных видов. Такова структура органического мира, покоящаяся на основном свойстве живой материи – обмене веществ и энергии со средой. Вместе с тем все части единого органического мира отличаются определенной степенью самостоятельности и автономности. По мере их усложнения на каждой ступени возникают качественно новые, все более сложные проявления жизни, при этом углубляется и расширяется взаимодействие живого с неорганической средой.

Данные закономерности сформулированы в законах направленности и необратимости эволюции, необходимости разнообразия и неограниченности прогресса.

Закон направленности эволюции: общий ход эволюции всегда направлен на приспособление к исторически (геохронологически) меняющимся условиям существования и ограничен ими. Закон объясняет, почему наблюдается закономерное изменение формы живого, при которой направленность доминирует над случайностью, хотя изменчивость в ряде случаев случайна.

Закон (правило) необратимости эволюции (Л. Долло): организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков. Данный закон распространяется и на иерархию экосистем, которые также в эволюционном ряду не могут повторяться хотя бы в силу того, что эволюционно неповторимы организмы, их составляющие.

Закон необходимого разнообразия: любая система не может сформироваться из абсолютно одинаковых элементов.

Закон неограниченности прогресса: развитие от простого к сложному неограниченно. В пределах биологической формы движения материи этот закон может быть сформулирован как вечное, непрерывное и абсолютно необходимое стремление живого к относительной независимости от условий среды существования. Это не значит, что какие-то организмы, в том числе человек, могут полностью освободиться от воздействия среды жизни. Каждая новая, более эволюционно-исторически высокая форма движения материи лишь затушевывает действие законов более низких форм движения материи, но не отменяет их. Закон неограниченности прогресса предполагает, что всегда можно найти новые пути развития, если не допускать крупных катастроф.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов, подготовленных учащимися, на темы:

- значение закона физико-химического единства живого вещества для экологии;
- примеры нарушения закона константности В. И. Вернадского и их экологические последствия;
- к каким экологическим последствиям может привести нарушение закона единства генетического кода;

• возможные последствия нарушения законов направленности и необратимости эволюции;

• прикладное значение закона необходимого разнообразия;

• фундаментальное значение закона неограниченности прогресса.

При подготовке к семинару используется текст учебника, а также другие учебники и источники информации.

Практические занятия

Составить и объяснить таблицу возможных экологических последствий разных случаев (ситуаций) несоблюдения закона постоянства количества живого вещества в биосфере. Результаты оформить в виде таблицы, составленной по нижеприведенному образцу, для двух случаев: увеличения и уменьшения количества живого вещества.

Увеличение количества живого вещества	
отрицательные последствия	положительные последствия
Уменьшение количества живого вещества	
отрицательные последствия	положительные последствия

Деловая игра

Учащиеся делятся на ученых-проектировщиков и ученых-экологов. Ученые-проектировщики выдвигают различные проекты по преобразованию экосистем химическими средствами и методами генной инженерии. Ученые-экологи анализируют все «за» и «против» с позиций законов физико-химического и генетического единства всего живого на Земле.

1.2. Второе начало термодинамики в экологии

- Второе начало (принцип, закон) термодинамики
- Принцип устойчивого термодинамического равновесия живых систем
- Принцип Ле Шателье — Брауна
- Принцип направленности эволюции (Л. Онеагер), или закон минимума диссипации (рассеивания) энергии

Второе начало (закон, принцип) термодинамики имеет несколько формулировок, из которых для экологии наиболее важное значение имеют:

• энергетические процессы могут идти самопроизвольно только при условии перехода энергии из концентрированной формы в рассеянную;

• потери энергии в виде недоступного для использования тепла всегда приводят к невозможности стопроцентного перехода одного вида энергии в другую;

• закон возрастания **энтропии**[1] : в замкнутой системе энтропия либо остается неизменной (в случае обратимых процессов), либо возрастает (при неравновесных процессах), что следует рассматривать как проявление все увеличивающегося хаоса, т. е. процессы в такой системе идут только в одном направлении: от упорядоченной структуры к хаосу (беспорядку), от неравномерного к равномерному распределению энергии.

Природные системы не относятся к абсолютно замкнутым. Процессы в них относительно обратимы, поэтому их энтропия условно бесконечно долго остается равной нулю.

---

[1]«Энтропия» (от. греч. *Entropia* — поворот, превращение): 1) способность энергии к превращениям: чем больше энтропия системы, тем меньше заключенной в ней энергии способно к превращениям; 2) показатель структурированности системы: чем он меньше, тем больше структуированность (организован-ность)системы, и наоборот соответственно.

На достижение этого состояния направлена **самоорганизация** и **саморегуляция** природных систем, в том числе иерархия экосистем, в которых подсистемы контролируются надсистемами и, наоборот, надсистемы – входящими в нее системами. Например, в биотических сообществах контроль за числом и качеством особей идет, начиная с молекулярного уровня (**генетический**), в ходе **естественного отбора**, во внутривидовых и межвидовых отношениях, в пределах сообщества, биогеоценоза, экосистем более высокого иерархического уровня вплоть до биосферы, всей планеты, Солнечной системы, Галактики.

От способности системы противостоять разрушительной силе внешней по отношению к себе надсистемы и в более коротком интервале времени воздействию сил развития каждой из подсистем зависит ее **устойчивость**.

Чем больше отклонение в подсистемах и надсистемах от значения энтропии, близкого к нулю, тем это разрушительнее для рассматриваемой системы или тем активнее она воздействует на свою среду.

До определенной степени это воздействие может быть конструктивным. Но постепенно возникает порочный круг: сопротивление собственной деструкции (разрушению нормальной структуры) ведет ко все большему разрушению среды, а следовательно, и еще более широкомасштабным процессам деградации. Именно в этом лежит глубокая первопричина **экологических кризисов** и необходимости всемирной охраны природы как среды, окружающей человечество и человека, а также контроля за развитием самой **антропосистемы (техносферы)**.

Получение вещества и энергии извне неминуемо ведет к тому, что любая природная система не может развиваться иначе как за счет окружающей ее среды.

Второе начало термодинамики указывает на то, что вследствие необратимого характера протекающих процессов в термодинамических системах **они не могут быть управляемыми до конца**.

Для живого объекта рост энтропии, т. е. деградация (хаос), приводит к его деструкции (нарушению, разрушению) и, в конечном счете, – к смерти. Другими словами, если жизнь рассматривать как форму

преобразования энергии, то это одновременно (в соответствии со вторым началом термодинамики) обусловливает и деградацию жизни.

Однако в биосфере деградация энергии происходит в условиях особой **антиэнтропийной (негэнтропийной)** деятельности живого вещества. Распространение живого вещества выступает в качестве способа преодоления жизнью хаоса. С термодинамической точки зрения старение и смерть организма – выражение энтропии, а рождение новых организмов – ее преодоление.

Следовательно, живое вещество оказывает существенное влияние не только на геохимическую миграцию на поверхности Земли, но и на происходящие в биосфере превращения энергии. Присутствие живого вещества придает энергетическим явлениям в биосфере особые черты, не характерные для других сфер планеты – гидросферы, атмосферы и др.

В рамках этой концепции устанавливается взаимосвязь между вторым началом термодинамики и явлениями, происходящими в биосфере. Именно в результате «следования» требованиям термодинамики она вышла на высокий уровень организации.

Форма реализации законов термодинамики в биосфере существенно отличается от их проявления в неживых системах. Живые системы не только подчиняются законам термодинамики, но и адаптируются к ним. Живые объекты и их системы «консервируют» свободную энергию, способную к дальнейшим превращениям. Более того, живое вещество обогащает свободной энергией внешнюю среду (выброс кислорода, улучшение почвы и т. д.).

Биосфера, адаптируемая к законам термодинамики, саморегулирует свой энергетический уровень и управляет накоплением и преобразованием свободной энергии, поступающей из внешней космической среды. Следовательно, биосфера имеет принципиальную возможность реализовывать тенденции к уменьшению энтропии, росту упорядоченности. Биосфера как целое способна к самообновлению.

Из термодинамической концепции биосферы вытекает понимание адаптации как естественного (природного) антиэнтропийного состояния живой системы. Именно способность живого создавать порядок из

хаоса, преобразовывать энтропию в антиэнтропию (негэнтропию) отличает живое от неживого.

По определению известного канадского биолога Г. Селье (1907–1982): «*Жизнь – это процесс непрерывной адаптации организмов к постоянно меняющимся условиям внешней и внутренней среды*». Адаптация заключается в поддержании структуры и функций всех ключевых систем организма при воздействии на него различных по природе факторов среды. Адаптация является основой устойчивости и продуктивности всех организмов.

Всеобщий закон биологии – **принцип устойчивого термодинамического равновесия (асимметрия) живых систем** – определяет специфику биологической формы движения материи.

Асимметричные системы (живые тела), как и симметричные системы (кристаллы), характеризуются равновесием и упорядоченностью, но с тем только различием, что в этих системах имеем дело с динамической системой. Таким образом, устойчивое термодинамическое равновесие (или асимметрия) асимметричных систем достигается высокой упорядоченностью и структурностью на всех его уровнях. Следует только отметить, что структурность носит динамический характер.

С развитием статистической физики и термодинамики на место причинных динамических законов классической механики становятся статистические законы, позволяющие предвидеть эволюцию природы не с абсолютной достоверностью, а лишь с большей степенью вероятности.

В открытых системах энтропия не возрастает – она в открытых системах падает до тех пор, пока не достигается постоянная минимальная величина, всегда большая нуля. При этом в системе вещество распределяется неравномерно и организуется таким образом, что местами энтропия возрастает, а в других местах резко снижается. В целом же, используя поток энергии, система не теряет упорядоченности.

Деятельность же живых систем всегда негэнтропийна, пока сохраняется их свойство системности: таково индивидуальное развитие

организмов, средообразующая их роль в биосфере и другие процессы в открытых системах.

Все системы, с которыми приходится иметь дело экологии, негэнтропийны, упорядочены таким образом, что, по меткому выражению известного американского эколога Ю. О дума, как бы «**откачивают из сообщества неупорядоченность**». Это происходит до тех пор и постольку, поскольку действует принцип Ле Шателье – Брауна.

Принцип Ле Шателье – Брауна имеет следующую формулировку: если на систему, находящуюся в термодинамическом равновесии, воздействовать извне, изменяя какой-либо из параметров, определяющих положение равновесия, то в системе усилится то из направлений процесса, которое ослабляет влияние произведенного воздействия. Положение равновесия также сместится в направлении ослабления эффекта внешнего воздействия.

Благодаря действию принципа Ле Шателье, в биосфере осуществляется биологическое регулирование концентрации веществ. Другими словами, поддерживая определенный химический состав окружающей среды, биота реализует принцип Ле Шателье, направленно изменяя соотношение между синтезом и разложением органических веществ, нарушенное в случае возмущения окружающей среды. Это подтверждается тем, что глобальные среднегодовые потоки синтеза и разложения органических веществ компенсируют друг друга с относительной точностью до сотых процента.

Отсюда следует фундаментальный вывод, что компенсация нарушений в окружающей среде может производиться только невозмущенной или слабо возмущенной биотой.

Температурный режим и концентрация большинства неорганических соединений в атмосфере и океане поддерживается живыми организмами. Они оказались бы «неравновесными», если бы жизнь на Земле была внезапно уничтожена. Однако при наличии жизни эти концентрации и температурный режим в целом остаются неизменными, несмотря на вулканизм и космические возмущения, в течение тысячелетий. Это означает, что современная биосфера после каждого возмущения (например, малый ледниковый период) возвращалась к

первоначальному состоянию, которое, следовательно, было устойчивым, или динамически равновесным. Именно подобные наблюдения позволяют использовать принципы Ле Шателье для характеристики состояния биосферы.

Ценность принципа Ле Шателье заключается в том, что он не требует знаний о структуре и динамике системы, а действует по отношению к любым переменным характеристикам системы. В теории управления аналогичное явление носит название отрицательных обратных связей.

Связь обратная – обратное воздействие чего-то на то, что воздействует на него, к примеру, обратное воздействие управляемого процесса на управляющий орган (подсистему).

Различают положительную и отрицательную обратную связь. **Положительная обратная связь** – это когда результат управляемого процесса усиливает его. Например, увеличение плотности населения животных до определенного предела вызывает повышение скорости размножения, т. к. пары легче находят друг друга. **Отрицательная обратная связь** – это когда результат управляемого процесса ослабляет его действие. Например, превышение упомянутого предела плотности населения животных ведет к депопуляции из-за факторов стресса.

В результате отрицательных обратных связей после любых малых возмущений система возвращается в первоначальное состояние, что характеризует ее устойчивость. Можно говорить также, что такая система находится в динамическом равновесии.

Возмущения окружающей среды компенсируются естественной биотой до тех пор, пока возмущение в самой биоте не достигло порогового уровня. После этого порога биота теряет способность стабилизировать окружающую среду, начинаются ее локальные, региональные и глобальные изменения.

В биосфере механизм осуществления принципа Ле Шателье – Брауна основывается на функционировании живых систем. В наши дни действие данного принципа глубоко нарушено. К примеру, если в конце XIX в. еще происходило увеличение биологической продуктивности и биомассы в ответ на возрастание концентрации

углекислого газа в атмосфере, то с начала XX в. это явление не обнаруживается, т. к. биомасса на планете неуклонно снижается. Это вызывает усиление парникового эффекта, нехватку кислорода в промышленных районах и сопровождается массой других негативных явлений.

Поскольку биосфера имеет лишь одно исторически достигнутое устойчивое состояние, то единственным способом восстановить действие принципа Ле Шателье – Брауна будет сокращение площадей антропогенно измененных экосистем, а также уменьшить долю потребления продукции биосферы человеком!

Следует помнить, что при естественном и искусственном изменении систем, в том числе и экосистем, действует **принцип направленности эволюции (Л. Онеагер), или закон минимума диссипации (рассеивания) энергии**: при вероятности развития процесса в некотором множестве направлений, допускаемых началами термодинамики, реализуется то, которое обеспечивает минимум диссипации энергии (или минимум роста энтропии). То есть эволюция всегда направлена на снижение рассеивания энергии, на ее неравномерное распределение.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов, подготовленных учащимися, на темы:

• проявление в экологии второго закона термодинамики;

• экологическая целесообразность использования первичных (водяных и ветряных турбин, двигателей внутреннего сгорания и др.) и вторичных (аккумуляторов, двигателей, работающих при сжигании водорода и др.) энергоустановок;

• проявление в экологии принципа Ле Шателье – Брауна;

• специфика проявления термодинамики в живых и неживых системах;

• примеры проявления принципа направленности эволюции.

При подготовке к семинару используется материал учебника, а также другие учебники и научная литература.

Практические занятия

Составить перечень экологических систем, закономерности развития которых обусловлены вторым началом термодинамики и принципом Ле Шателье – Брауна.

Результаты оформить в виде таблицы по приведенному образцу.

Закономерности	Примеры экологических систем, в которых проявленны данные закономерности
Второе начало	
Принцип Ле Шателье–Брауна	

Деловая игра

Учащиеся делятся на несколько групп. Каждая группа поочередно называет какое-нибудь экологическое явление, а остальные группы поочередно рассказывают, как в этом явлении проявлено второе начало термодинамики и принцип Ле Шателье – Брауна.

В качестве экологических явлений могут выступать экологические объекты, ситуации и системы всех уровней организации живых систем, включая всю биосферу и ее отдельные компоненты – атмосфера, гидросфера, литосфера, живое вещество.

Особое внимание обратить на критический анализ с позиций второго начала термодинамики экологической целесообразности широкомасштабного внедрения таких альтернативных источников энергии, как водородная энергетика (сжигание в двигателях газообразного водорода), электромобили (автомобили, работающие на аккумуляторах), солнечные батареи и др. С этой целью необходимо проанализировать всю технологическую цепочку от начала получения энергии (например, электричества) или вещества (например, водорода) и кпд всех промежуточных и конечных установок ее получения и накопления до проблем, связанных с их утилизацией и загрязнением окружающей среды.

1.3. Синергетика

- Закон поливариантности путей развития системы в точке бифуркации
- Закон невозможности установления жёсткого контроля за системой
- Принцип устойчивости форм развития системы
- Закон Легасова
- Принцип диссипации
- Принцип максимального промедления

Синергетика (от греч. synergetikes – совместный, согласованно действующий) – научное направление, изучающее связи между элементами структуры (подсистемы), которые образуются в открытых системах, благодаря интенсивному (потоковому) обмену веществом и энергией с окружающей средой в неравновесных условиях. В таких системах наблюдается согласованное поведение подсистем, в результате чего возрастает степень её упорядоченности, т.е. уменьшается энтропия и происходит так называемая **самоорганизация**. Основа синергетики – термодинамика неравновесных процессов, теория случайных процессов, теория нелинейных колебаний и волн. Так как все земные макросистемы (биологические, геологические, географические, экологические и др.) и биосфера в значительной степени открытые системы, то их развитие происходит по законам синергетики.

Синергетика, как и другие теории самоорганизации, пытается восполнить «белые пятна», которые оставил после себя механизм, главное среди которых – практически полное отсутствие обобщений, касающихся поведения открытых систем. Синергетика, изучая законы самоорганизации, самодезорганизации и самоуправления сложных систем, дает то универсальное знание законов самоорганизации и развития систем, в котором давно назрела насущная потребность. Синергетика впитала в себя все значимые для исследования процессов самоорганизации теоретические и методологические выводы системных исследований. Соотношение синергетики и системных исследований показывает табл. 1.3.1

Таблица 1.3.1

Соотношение системных исследований и синергетики

Системные исследования (общая теория систем, системный анализ, системный подход)	Синергетика
Акцент делают на статистике систем, их морфологическом и, реже, функциональном описании	Акцентируют внимание на процессах роста, развития и разрушения систем
Придают большое значение упорядоченности, равновесию	Считают, что хаос играет важную роль в процессах движения систем, причем не только деструктивную
Изучают процессы организации систем	Исследуют процессы их самоорганизации
Чаще всего останавливаясь на стадии анализа структуры системы, абстрагируются от кооперативных процессов	Подчеркивают кооперативность процессов, лежащих в основе самоорганизации и развития систем
Проблема взаимосвязи рассматривается, в основном, как взаимосвязь компонентов внутри системы	Изучают совокупность внутренних и внешних взаимосвязей системы
Источник движения видят в самой системе	Признают большую роль среды в процессе изменения

Для самоорганизующихся систем существует несколько различных путей развития. В равновесном или слаборавновесном состоянии в системе существует только одно стационарное состояние, которое зависит от некоторых **управляющих параметров**(**факторов** в экологии).

Изменение этих управляющих параметров будет уводить систему из равновесного состояния. В конце концов вдали от равновесия система достигает некоторой критической точки, называемой точкой бифуркации. Начиная с этого момента на дальнейший ход эволюции системы могут оказывать воздействия даже ничтожно малые флуктуации, которые в равновесном состоянии системы попросту неразличимы. Поэтому невозможно точно предсказать, какой путь эволюции выберет система за порогом бифуркации.

Таким образом, в замкнутых системах процессы развиваются в направлении возрастания энтропии и приводят к хаосу. В открытых же системах в соответствующие моменты – моменты неустойчивости – могут возникать малые возмущения, флуктуации, способные разрастаться в макроструктуры. То есть хаос и случайность в них могут выступать в качестве активного начала, приводящие к развитию новой самоорганизации.

С синергетикой связано формирование науки нового типа – **нелинейной науки**, изучающей нелинейные, открытые и неравновесные системы в отличие от науки классического типа, которая изучает закономерности линейного характера – результат изменения системы прямо пропорционален внешнему воздействию.

Классическая наука имеет дело с закрытыми системами и не учитывает их взаимосвязь с внешним миром. Процессы в этих системах носят обратимый характер: при устранении внешнего воздействия система автоматически возвращается в исходное состояние.

Нелинейность же означает возможность спонтанных направлений изменений системы, поскольку развитие совершается через случайность выбора пути в момент бифуркации.

В точке бифуркации происходит переход от линейного к нелинейному состоянию системы. Она входит в бифуркационное состояние, когда ее поведение становится неоднозначным. Именно это состояние анализируется в **теории катастроф**. В рамках этой теории рассматриваются скачкообразные изменения, которые могут возникнуть в системе в ответ на эволюционные трансформации внешней среды. К примеру, при наличии на склоне горы большой массы снега любая

сломанная веточка может привести к критической ситуации, которая вызовет снежную лавину.

Теория катастроф является основой для анализа **социоприродных систем** в их критическом состоянии. Так, высокую степень опасности представляют собой локальные военные конфликты и социальное неравенство людей и государств; не обеспечивают необходимой безопасности для человека и среды его обитания существующие формы технологии – атомная энергетика, транспорт, химические, нефтеперерабатывающие, металлургические и другие виды промышленности, современное интенсивное сельскохозяйственное производство и т. д.

Любая из упомянутых возможностей может реализоваться в точке бифуркации, вызываемой флуктуациями, в которой система испытывает неустойчивость. Точка бифукации представляет собой переломный, критический момент в развитии системы, в котором она осуществляет выбор пути; иначе говоря, эта точка ветвления вариантов развития, точка, в которой происходит катастрофа. Термином «**катастрофа**» в концепциях самоорганизации называют качественные, скачкообразные, внезапные («гладкие») изменения, скачки в развитии.

Поведение всех самоорганизующихся систем в точках бифуркации имеет общие закономерности, многие из которых уже раскрыты концепциями самоорганизации.

Точки бифуркации часто провоцируются изменением управляющего параметра или управляющей подсистемы, влекущей систему в новое состояние.

Потенциальных траекторий развития системы много и точно предсказать, в какое состояние перейдет система после прохождения точки бифуркации, невозможно, что связано с тем, что влияние среды носит случайный характер (**закон поливариантности путей развития систем в точке бифуркации**).

В реальных условиях при углублении неравновесности в открытой системе возникает определенная последовательность бифуркаций, сопровождающаяся сменой структур. Типичным примером такого сценария является развитие турбулентности с чередующимися типами все более усложняющихся движений. Состояние системы в момент

бифуркации является неустойчивым и бесконечно малое воздействие может привести к выбору дальнейшего пути. Финальным состоянием эволюционирующих физических систем является состояние динамического хаоса.

Иллюстрацией перехода к нему является логистическое уравнение:

$$X_{n+1}=C \cdot X_n \cdot (1-X_n)$$

Для наглядности рассмотрим биологическую трактовку этого уравнения: изолированно живет популяция особей нормированной численности X_n. Через год появляется потомство численностью X_{n+1}. Рост популяции описывается первым членом правой части уравнения – $C \cdot X_n$, где коэффициент C определяет скорость роста и является определяющим параметром. Убыль (за счет перенаселенности, недостатка пищи и т.п.) определяется вторым, нелинейным членом – CX_n^2. Зависимость численности популяции от параметра C приведена на рис. 2 (Л.А. Шелепин, 1987).

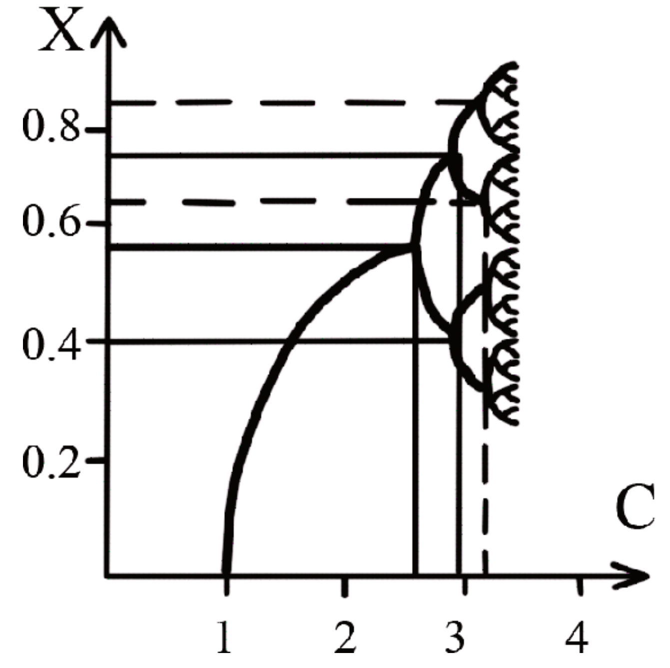


Рис.2. Зависимость численности популяции от параметра C

Линии показывают значения X_n при больших n. При C<1 популяция с ростом n вымирает. В области 1<C<3 численность популяции приближается к постоянному значению $X_0 = 1 - C^{-1}$. Это область стационарных решений. Затем в диапазоне 3<C<3.57 появляются бифуркации, разветвление кривых на две.

Численность популяции колеблется между двумя значениями, лежащими на этих ветвях. Сначала популяция резко возрастает, на следующий год возникает перенаселенность и через год численность снова становится малой. Далее происходит перекрывание областей различных решений, и поведение системы становится хаотическим. Динамические переменные X_n принимают значения сильно зависящие от начальных.

При расчетах на компьютере для близких начальных значений C решения могут резко отличаться, так как начинают зависеть от случайных процессов в самом компьютере.

Управление самоорганизующейся системой может рассматриваться как способствование собственным тенденциям её развития, с учетом присущий ей элементов саморегуляции. Однако это не означает, что самоорганизующейся системе можно навязать путь развития, т.к. самоорганизация в сложных системах свидетельствует о невозможности установления полного контроля за системой (**закон невозможности установления жёсткого контроля за системой**).

Выбор пути развития в точке бифуркации может быть связан с жизненностью и устойчивым типом поведения системы. **Согласно принципу устойчивости** среди возможных **форм развития системы** реализуются лишь устойчивые; неустойчивые если и возникают, то быстро разрушаются.

Повышение размерности и сложности системы вызывает увеличение количества состояний, при которых может происходить скачок (катастрофа), и числа возможных путей развития, то есть чем более разнородны элементы системы и сложны ее связи, тем более она неустойчива. Эта закономерность известна как «**закон Легасова**» – чем выше уровень системы, тем более она неустойчива, тем больше расходов требуется на ее поддержание.

Чем более неравновесна система, тем из большего числа возможных путей развития она может выбирать в точке буфирации. Одни и те же ветви или типы ветвей могут реализовываться неоднократно.

Например, в мире социальных систем есть общества, многократно выбиравшие тоталитарные сценарии. Вместе с тем два близких состояния могут породить совершенно различные траектории развития.

Выбор той или иной ветви производится, в соответствии с **принципом диссипации**, являющимся одним из основных законов развития, заключающихся в следующем: из совокупности допустимых состояний системы реализуется то, которому отвечает минимальное рассеяние энергии, или, что то же самое, минимальный рост (максимальное уменьшение) энтропии.

В процессе своего развития система проходит две стадии: эволюционную (иначе называемую адаптационной) и революционную (скачок, катастрофа). Во время развертывания эволюционного процесса происходит медленное накопление количественных и качественных изменений параметров системы и ее компонентов, в соответствии с которыми в точке бифуркации система выберет один из возможных для нее новых путей развития.

В результате этого произойдет качественный скачок и система сформирует новую диссипативную структуру, соответствующую выбранному пути, что происходит в процессе адаптации к изменившимся условиям внешней среды.

Эволюционный этап развития характеризуется наличием механизмов, которые подавляют сильные флуктуации системы, ее компонентов или среды и возвращают ее в устойчивое состояние, свойственное ей на этом этапе. Постепенно в системе возрастает энтропия, поскольку из-за накопившихся в системе, а также в ее компонентах и внешней среде изменений способность системы к адаптации падает и нарастает неустойчивость. Возникает острое противоречие между старым и новым в системе, а при достижении параметрами системы и среды бифуркационных значений неустойчивость становится максимальной и даже малые флуктуации приводят систему к катастрофе – скачку.

На этой фазе развитие приобретает непредсказуемый характер, поскольку оно вызывается не только внутренними флуктуациями, силу и направленность которых можно прогнозировать, проанализировав историю развития и современное состояние системы, но и внешними, что крайне усложняет, а то и делает невозможным прогноз.

Иногда вывод о будущем состоянии и поведении системы можно сделать, исходя из «закона маятника» – скачок может способствовать выбору пути, «противоположному» прошлому. После формирования новой диссипативной структуры система снова вступает на путь плавных изменений, и цикл повторяется.

Катастрофа изменяет организованность системы, причем всегда в сторону ее увеличения. Временная граница катастрофы определяется «**принципом максимального промедления**»: система делает скачок только тогда, когда у нее нет иного выбора.

Синергетический подход позволяет моделировать практически любые сложные системы, встречающиеся в природе – живые организмы, экосистемы, социальные и т. д.

Благодаря ему установлено, что процессы созидания (нарастание сложности и упорядоченности) имеют единый алгоритм, независимо от природы систем, в которых они осуществляются. Развитие осуществляется через случайный выбор одного из возможных путей дальнейшей эволюции в точке бифуркации.

Следовательно, случайность встроена в механизм эволюции, и именно поэтому невозможно осуществлять жесткий контроль за развитием систем, которые испытывают бифуркационные разветвления. **Варианты развития системы можно предвидеть, но, какой именно из них будет выбран, предсказать нельзя**.

В связи с этим возникает проблема повышения степени безопасности принимаемых управленческих решений. Они должны обеспечить надежное прогнозирование и предотвращение потенциальных опасностей для развития социоприродной системы – техногенных аварий, экологических катастроф, социальных конфликтов и т. д.

В теории катастроф имеется представление о «**высокой надежности**» принятия решений, обеспечивающих «предельную

безопасность» социоприродных систем, т. е. их функционирование будет сравнительно безопасным для человека и биосферы. Для реализации этих возможностей должна быть проделана необходимая предварительная работа – приняты соответствующие опережающие меры, например, установка реактора атомной электростанции под специальной надежной защитой или изготовление корпусов танкеров для перевозки нефти с двойными стенками.

Диспут на тему «Значение случайностей и точек бифуркации для эволюции биосферы»

Диспут готовится заранее. При подготовке к диспуту учащиеся обдумывают свое отношение к затронутой проблеме и пытаются подобрать факты в истории биосферы, которые подтверждают или опровергают мнение о том, что эволюция биосферы совершается через случайности в момент бифуркации.

В качестве исходного материала привлекаются учебники, научно-популярные книги и журналы по экологии, биологии, географии, геологии. Подбор фактического материала осуществляется по схеме: изменение управляющих факторов развития экосистемы (биосферы) – нарушение экологического равновесия экосистемы – точка бифуркации – эволюционные изменения – равновесие системы. Показывается место случайности в этих процессах – падение крупных метеоритов, грозовые разряды, резкое изменение климата и др.

Рекомендуемый перечень событий, которые коренным образом повлияли на эволюцию экосистемы и всей биосферы и на примере которых учащиеся строят свои доказательства за или против:

- происхождение жизни;
- появление первых растений и животных на суше;
- разнообразие растительного и животного мира;
- исчезновение динозавров, мамонтов, древесных плауновидных;
- происхождение человека;
- деградация (перерождение) социоприродных экосистем.

Практические занятия

Оформить в виде таблицы результаты диспута по приведенному образцу.

Явление (событие)	Доказательства за или против того, что они случились в результате бифурационного состояния биосферы
Происхождение жизни	
Появление первых растений и животных в воде	
Появление первых растений и животных на суше	
Разнообразие растительного и животного мира	
Исчезновение динозавров, мамонтов, древовидных плауновидных и др.	
Происхождение человека	
Деградация (перерождение) социоприродных экосистем	

Деловая игра

Учащиеся делятся на управленцев и экологических экспертов. Управленцы разрабатывают и предлагают для осуществления различные проекты, обеспечивающие, на их взгляд, предельную безопасность. Экологические эксперты оценивают их надежность в отношении безопасности и возможные негативные последствия их воздействия на природную среду, опираясь на законы синергетики.

В качестве проектов могут выступать различные технические предложения по обеспечению предельной безопасности тех или иных объектов (сооружений), а также мероприятия по уменьшению антропогенного воздействия на окружающую природную среду.

1.4. Иерархия систем

- Аксиома эмерджентности
- Принцип иерархической организации
- Закон оптимальности
- Закон упорядоченности заполнения пространства и пространственно – временной определенности
- Закон периодичности строения системных совокупностей (закон системопериодический)

Системные образования состоят из подсистем, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство и характеризующихся определенной организацией – иерархией.

Иерархия (от греч. hieros – священный и arche – власть) – расположение частей или элементов целого в порядке от высшего к низшему. Термин употребляется для описания любых системных объектов.

Иерархия природных систем – соподчинение функциональных систем Вселенной, при котором меньшие подсистемы составляют большие системы, сами являющиеся подсистемами более крупных систем. К примеру, элементарные частицы составляют атомы, атомы – молекулы и т. д. вплоть до галактик и Вселенной.

В одних случаях подсистемы и их надсистемы оказываются относительно не зависимыми образованиями, например, особь в популяции. В других случаях эта самостоятельность намного меньше, например, клетка в живой ткани, орган в организме.

Однако независимость подсистемы ограничена определенным временем. Так, к примеру, даже особь вне популяции долго находиться не может. Особенно важно это учитывать при анализе больших природных систем (например, экосистем), только кажущихся автономными.

Надсистема образуется в результате синтеза (множественности) принципиально сходных систем (например, экосистем в биосфере) или несистемных блоков с образованием у вновь сложившейся совокупности особых, обычно более сложных и отсутствующих у подсистем качеств. Именно в этом смысле говорится о соподчинении (иерархии) системы, ее надсистемы и подсистем и о так называемой эмерджентности.

Эмерджентность (от англ. emergent – внезапно возникающий) – наличие у системного целого особых свойств, не присущих его подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не объединенных системообразующими связями.

При образовании системы из подсистем происходит не простой переход количества в качество, а особая форма интеграции, подчиняющаяся иным законам формообразования, функционирования и эволюции. Примером может служить объединение атомов в молекулы, которые взаимодействуют и строят тела (объекты) по своим законам, или объединение деревьев в лесное сообщество, функционирование которого происходит совсем по другим законам.

Принцип эмерджентности обязательно необходимо учитывать при экологических исследованиях, экспертизе и прогнозе. Любая искусственная модель, построенная при помощи самых совершенных компьютеров, не абсолютно адекватна своему естественному прототипу, качественно отличается от него, т. к. не может учесть всю гамму его составляющих элементов, воздействующих на него экологических факторов и нелинейный характер его развития. Это ведет к вероятностному характеру результатов вне зависимости от качеств модели.

Удаление модели от реальности увеличивается с ростом сложности природной системы, иерархичности ее структур. Примером этому могут служить неудачные компьютерные прогнозы экологического состояния Каспийского, Балтийского, Азовского, Черного и Аральского морей, крупных озер (Байкал, Ладожское и Онежское озера), залива Кара-Богаз-Гола, после отделения которого от Каспийского моря глухой плотиной произошли необратимые процессы, нанесшие непоправимый вред этому крупнейшему в мире природному заводу по

производству минеральной соли – мирабилита (глауберова соль), которую используют в стекольной, целлюлозной, текстильной, мыловаренной промышленности, медицине, ветеринарии и цветной металлургии.

Принцип иерархической организации в биологии и экологии принимается как аксиома или эмпирически наблюдаемый факт. Общие принципы формирования иерархии:

– дублирование относительно разнокачественных структур, составляющих в своей организованной совокупности нечто новое, т. е. наличие свойства эмерджентности;

– определенность функциональной цели организации в рамках связей со средой и внутренних возможностей системы.

Закон оптимальности – с наибольшей эффективностью любая система функционирует в некоторых характерных для нее пространственно-временных пределах, т. е. никакая система не может сужаться или расширяться до бесконечности. Конкретный размер системы должен соответствовать выполняемым ею функциям. К примеру, чтобы летать, птица не может быть слишком тяжелой, а хищник, чтобы прокормиться, не должен быть слишком большой (или маленький) по сравнению с жертвой.

Структура природной системы контролируется **законом упорядоченности заполнения пространства и пространственно-временной определенности**: заполнение пространства внутри природной системы в силу взаимодействия между ее подсистемами упорядочено таким образом, что позволяет реализоваться гомео-статическим[2] свойствам системы с минимальными противоречиями между частями внутри нее.

Из этого закона следует невозможность длительного существования «ненужных» случайностей в природе, в том числе и созданных

---

[2] Гомеостаз (от греч. homoios — подобный, одинаковый и stasis — неподвижность, состояние) — относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма. Понятие «Гомеостаз» применяется и к биоценозам (сохранение постоянного видового состава и числа особой) в генетике и кибернетике.

человеком. Нарушение же естественной упорядоченности заполнения пространства в природных системах в ходе их использования требует дополнительных средств и сил для их поддержания в продуктивном состоянии. Данное обстоятельство является одной из причин действия **закона снижения энергетической эффективности природопользования**. К примеру, перераспашка территории активизирует процессы усиленной эрозии и приводит к падению плодородия почв, возобновляемого путем внесения дополнительных количеств удобрений, восстановительной мелиорации и других агрономических и агротехнических приемов.

Наблюдается повторение свойств в рядах систем одного иерархического уровня. Эта закономерность получила название **закона периодичности строения системных совокупностей, или системопериодического закона**. Закон гласит, что принципы структурного построения и управления однородных природных систем в иерархическом соподчинении, и особенно сложения таких же природных систем одного уровня организации (иерархии), повторяются с некоторой правильностью в зависимости от действия единого (комплекса) систематизирующего фактора (факторов).

Частными проявлениями этого общего закона является периодический закон химических элементов Д. И. Менделеева, строение космических тел, сукцессионные стадии развития экосистем и др. Его проявлением является также закон гомологических рядов и наследственной изменчивости Н. И. Вавилова – родственные виды, роды, семейства и другие систематические категории обладают закономерно возникающими гомологичными генами и порядками генов в хромосомах, сходство которых тем полнее, чем эволюционно ближе сравниваемые таксоны. В основе этого явления лежит гомология (от греч. homologos – соответственный, подобный) **генов** (их одинаковое молекулярное строение) и **гомология (сходство) в порядке их расположения в хромосомах** у родственных видов.

Периодическое повторение свойств в рядах систем одного иерархического уровня является – общим законом мироздания. Данный закон действует во всем мире, в том числе в экосистемах.

Системопериодический закон имеет важное значение для прогнозного поиска аналогичных систем и составления их периодических таблиц (такие таблицы возможны не только для химических элементов). Предпосылкой для этой работы служит составление схемы глобальной иерархии природных систем.

Значение подобных исследований огромно, т. к. они служат основой для более глубокого понимания сложения и функционирования природных систем, их соподчиненности, дают количественные выражения для закона оптимальности.

Системопериодический закон, являясь общим законом мироздания, действует и в социальных системах, который гласит: «Социально-экономический систематизирующий фактор прогресса – личная заинтересованность производителя в повышении производительности труда».

Нарушение данного закона ведет к застою, упадку, гибели. Историческими примерами этому является гибель рабовладельческой, феодальной и советско-бюрократической социально – экономических формаций.

Планомерное повышение производительности труда может происходить лишь при условии наличия частной и коллективной собственности производителя (работника) на средство производства. Но не формальной (фиктивной) собственности, как это было, например в СССР, а реальной (действительной), дающей право на прямое участие в распределении прибыли (дохода) производства (предприятия). Только в подобном случае у производителя появляется постоянная личная заинтересованность в повышении производительности труда и развитии производства.

Поэтому будущее цивилизации за «коллективными капиталистами», каковыми в США уже является треть страны, в целом в странах Запада 90% малых предприятий – собственность трудовых коллективов. В соответствии с общепринятым международным стандартом (МОТ) прибыль в них распределяется так: 70% на зарплату, 20% на развитие производства, 10% - местные и централизованные налоги государству. Для управления производством набираются по

контракту управляющие, несущие полную юридическую и материальную ответственность перед коллективом.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов, подготовленных учащимися, на темы:

– иерархия систем – основа функциональной и структурной организации живой и неживой природы;

– эмерджентность – основа эволюции живой и неживой природы;

– проявление законов оптимальности и упорядоченности заполнения пространства и пространственно-временной определенности в строении: а) Вселенной, б) земных природных систем;

– проявление системопериодического закона в строении: а) Вселенной, б) природных систем, в) социальных систем.

При подготовке к семинару используется материал учебника, а также другие учебники и научная литература, указанная в списке дополнительной литературы в конце учебника, а также подобранная в библиотеке или магазине.

Практические занятия

Составляются схемы структурной и функциональной организации различных природных систем, в которой проявлены законы иерархии природных систем – эмерджентность, оптимальность, упорядоченность заполнения, периодичность строения.

Схемы могут составляться как иллюстрации проявления каждого закона в отдельности, так и совместного (интегрального) их воздействия на природные системы разных иерархических уровней.

Деловая игра

Учащиеся делятся на управленцев, экологов-программистов и экологических экспертов. Задача управленцев – выдвинуть какой-нибудь проект по «улучшению» природы, задача экологов-программистов – составить модель (алгоритм) его претворения в жизнь, задача экологических экспертов – оценить проект и алгоритм и дать прогноз на развитие преобразованных природных систем на длительный срок с учетом законов иерархии природных систем – эмерджентности, оптимальности, упорядоченного заполнения и периодичности строения.

В качестве объектов могут быть выбраны хорошо известные примеры: проблема Приаралья, Байкала, Азовского моря, Онежского озера и др. Преимущество рассмотрения данных широко известных примеров напряженных экологических ситуаций в качестве объекта теоретического исследования состоит в том, что заранее известны разные этапы развития этих проектов освоения и экологического преобразования – на стадии постановки проблемы (управленческий этап), его научной разработки (моделирование) и долговременных экологических результатов реализации проекта.

В связи с этим задача управленцев, экологов-программистов и экологических экспертов сводится к следующему:

1. Управленцы, опираясь на уже известный проект, выдвигают соответствующую программу преобразования какой-либо природной системы (экосистемы) для того, чтобы получить резкое увеличение производства сельскохозяйственной продукции, энергии, промышленной продукции, повышения благосостояния трудящихся или чего-нибудь другого такого же хорошего.

2. Экологи-программисты, выполняя распоряжения управленцев, составляют модель (алгоритм) изменения природных систем в связи с вводом в действие про граммы, разработанной управленцами. Для этого используются те модели, которые были разработаны на стадии претворения известных проектов в жизнь.

3. Экологические эксперты оценивают программу управленцев и модель экологов-программистов с долговременных позиций изменения природных систем, опираясь на законы эмерджентности, оптимальности, упорядоченного заполнения пространства и периодичности строения системных совокупностей.

К игре готовятся заранее: распределяют роли и обязанности, подбирают и прорабатывают необходимую литературу (журналы, газеты, книги), знакомятся с информацией в Интернет; просматривают видеофильмы (если они есть) и проделывают массу другой подготовительной работы (рисуют схемы и таблицы, готовят вопросы, подбирают иллюстрации к выступлениям и т. д.), способной помочь интереснее и содержательнее провести игру.

1.5. Отношения «система — среда»

- Правило заполнения экологических условий (В. В. Алехин)
- Закон развития природной системы за счет окружающей ее среды
- Принцип преломления действующего фактора в иерархии систем
- Принцип преломления действующего фактора внутри системы
- Закон функционально-системной неравномерности

Понятие системное **окружение** (окружающая среда системы) имеет очень важное значение. Его происхождение обусловлено биологическими и экологическими представлениями «организм – окружающая среда». В более общем виде под окружающей средой системы понимается совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему и на которые влияет изменение свойств системы.

Ни одна система объектов не может быть рассмотрена вне системного окружения. Правильность данного заключения подтверждает **правило замещения экологических условий (В. В. Алехин)**: любое условие среды в некоторой степени может замещаться другими, следовательно, внутренние причины экологических явлений при аналогичном внешнем эффекте могут быть различными. К примеру, климатические факторы могут замещаться биологическими – вечнозеленые виды южных растений в более континентальном климате способны расти в подлеске под защитой верхних ярусов, т. е. в создаваемом ими микроклимате – правило замещения экологических условий.

Абсолютно изолированные системы вне связи с окружающей средой длительное время существовать не могут в силу действия второго начала термодинамики (закона возрастания энтропии).

Вещество и энергия для функционирования и развития систем могут поступать лишь из среды, окружающей эту систему. И только за счет этой среды может существовать и прогрессировать любая система.

Этот вполне очевидный факт отражает закон развития природной системы за счет окружающей ее среды: любая природная система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды. Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

Данный закон имеет чрезвычайно важное теоретическое и практическое значение в экологии, благодаря вытекающим из него **трем следствиям**:

– абсолютно безотходное производство невозможно – это было бы равнозначно созданию «вечного» двигателя;

– любая более высокоорганизованная биотическая система (к примеру, вид живого), используя и видоизменяя среду жизни, представляет угрозу для более низкоорганизованных систем. Благодаря этому в биосфере невозможно повторное зарождение жизни – она будет уничтожена существующими организмами;

– биосфера как система развивается не только за счет ресурсов планеты, но опосредованно за счет и под управляющим воздействием космических систем и прежде всего Солнечной системы.

Экологическое значение первого следствия: мы можем рассчитывать лишь на **малоотходное производство**. Поэтому первым этапом развития производственных технологий должна быть их малая ресурсоемкость на входе, экономность и незначительные выбросы на выходе. Вторым этапом **экологизации** производства будет создание цикличности технологических процессов – повторное использование воды, вторичного сырья, отходы одних производств могут быть сырьем для других и т. д. Третьим этапом является организация разумного захоронения неминуемых остатков и нейтрализация неустранимых энергетических отходов.

Представление о том, что биосфера работает по **принципу безотходности** ошибочно, т. к. в ней всегда накапливаются выбывающие из биологического круговорота вещества, формирующие осадочные горные породы — известняки, доломиты, мергали, каменная соль, гипс, калийная соль и др.

Экологическое значение второго следствия: воздействие человека на природу требует мероприятий по нейтрализации этих воздействий, поскольку они могут оказаться разрушающими для остальной природы и, следовательно, угрожают тем самым самому человеку. В связи с этим **охрана природы** – одно из обязательных составляющих социально-экономического развития высокоразвитого общества.

Экологическое значение третьего следствия: особое значение имеет для долгосрочного прогнозирования. Оно должно учитываться при рассмотрении всех процессов, происходящих на Земле. Однако необходимо осознать, что космическое воздействие преломляется земными процессами, и выявление здесь прямых связей носит вероятностный характер. К примеру, в годы высокой солнечной активности не обязательно будет проявляться весь спектр явлений, наблюдавшихся в предыдущий цикл активности. Они лишь могут возникнуть и статистически вероятны.

Энергия, вещество и информация, поступающие в систему извне и выступающие как факторы ее жизни, действуют не в «чистом» виде, а избирательно усваиваются и видоизменяются этой системой. Если они проходят предварительно через надсистемы рассматриваемой системы, то эти процессы идут многократно и до нее доходят в трансформированном всеми надсистемами виде, т. е. действует **принцип преломления действующего фактора в иерархии систем**.

Поиск прямых связей между очень далекими по иерархическому уровню системами (к примеру, между активностью Солнца и массовыми размножениями организмов), если эти связи не настолько сильны, что проходят «транзитом» через промежуточный ряд иерархии систем, как правило, бывает очень затруднителен.

Принцип преломления действующего фактора в иерархии систем применим и к самой системе как преобразующем факторе члена иерархии: фактор, действующий на систему, преломляется через всю иерархию ее надсистем и через функциональные особенности самой системы. В связи с этим обычно воздействие надсистем не равно по силе и не совпадает по времени с интенсивностью и моментом их возникновения.

Внешние для системы воздействия, как правило, проявляются не прямо, а опосредованно механизмами функционирования этой системы. Они могут быть ослаблены ее **буферными** (англ. buffer, от buff – смягчать толчки) свойствами или усилены возникающими цепными реакциями. Во всех этих случаях проявлен **принцип преломления действующего фактора внутри системы**.

Отличие принципа преломления действующего фактора внутри системы от принципа преломления действующего фактора в иерархии систем – в первом случае буфером оказываются механизмы самой системы, а во втором – механизмы ее надсистем.

В силу преломления действующего фактора в иерархии систем и наличия многих «фильтров» этот фактор либо ослабляется, либо усиливается, а чаще всего оказывается неравномерным по силе воздействия и с ходом времени. Система немедленно или с задержкой реагирует на возникающие флуктуации.

Данная закономерность получила название **закона функционально-системной неравномерности**:

темпы реакций и прохождения фаз развития системы (в ответ на действия внешних факторов) закономерно неравномерны – они то убыстряются (усиливаются), то замедляются (ослабевают).

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов, подготовленных учащимися, на темы:

– теоретическое и прикладное значение закона развития системы за счет окружающей ее среды;

– теоретическое и прикладное значение проблем замещения экологических условий;

– теоретическое и прикладное значение принципов преломления действующего фактора в иерархии систем и внутри системы;

– экологическое значение закона функционально-системной неравномерности.

Практические занятия

Составление иллюстраций к законам, изложенным в параграфе. Иллюстрации выполняются в виде рисунков, графиков или схем.

Деловая игра

Учащиеся делятся на промышленников и экологов. Промышленники предлагают различные проекты малоотходных производств и доказывают их безвредность для природы, учитывая ее самоочищающие и самовосстанавительные свойства. Экологи опровергают их доводы, опираясь на закон развития систем за счет окружающей ее среды, его три следствия, а также на принципы преломления действующего фактора в иерархии систем и внутри систем и на закон функционально-системной неравномерности.

В качестве проектов могут выступать любые объекты – заводы, фабрики, электростанции, сельскохозяйственное производство и др.

ГЛАВА 2

ЗАКОНЫ БИОЭКОЛОГИИ

2.1. Система организм — среда

• Закон единства организм – среда (В.И. Вернадский)
• Принцип экологического соответствия
• Правило соответствия условий среды жизни генетической предопределенности организма
• Закон минимума (Ю. Либих)
• Закон совокупности (совместного) действия факторов
• Закон толерантности (В. Шел форд)
• Закон оптимальности
• Закон увеличения размеров (роста) и веса (массы) организмов в филогенетической ветви (закон Копа и Денера)

Наиболее общее философское обобщение в данной группе законов – утверждение о тесном взаимодействии и исторически сложившемся единстве организмов и их среды обитания.

Закон единства организм – среда: жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов.

Исторически сложившееся единство организмов и среды их обитания определяет возможность существования жизни и ее отдельных проявлений, но активным началом взаимодействия служит живое как созидающая сила. Связано это с активностью всех биосистем. А поскольку отношения организма и его среды системны, действует принцип экологического соответствия: форма существования организма всегда соответствует условиям его жизни.

Исходя из данного принципа, сформулировано **правило соответствия условий среды жизни генетической предопределенности организма**: вид организмов может существовать до тех пор и постольку, поскольку окружающая его среда соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям и изменениям.

В основе взаимоотношения в системе организм – среда лежит закон минимума (Ю. Либих): возможность существования данного)вида в определенном районе и степень его «процветания» зависят от факторов, представленных в наименьшем количестве. То есть выносливость организма определяется самим слабым звеном в цепи его экологических потребителей, т. е. жизненные возможности лимитируют **экологические факторы**, количество и качество которых близки к необходимому организму или экосистеме минимуму: дальнейшее их снижение ведет к гибели организма или деструкции экосистемы.

Выяснение слабого звена цепи чрезвычайно важно в **экологическом прогнозировании, планировании и экспертизе проектов**! При этом следует учитывать **дополнительное правило взаимодействия факторов**: организм в определенной мере способен заменить дефицитное вещество или другой действующий фактор иными функционально близкими веществом или фактором, к примеру, одно вещество другим, функционально и химически близким, или действию холода противопоставить усиленное питание, способствующее усиленному выделению организмом тепла. Правило взаимодействия факторов позволяет рационально производить замену дефицитных веществ и воздействий на менее дефицитные, что важно в процессах эксплуатации природных ресурсов.

Закон совокупности (совместного) действия факторов: взаимосвязь экологических факторов и их взаимное усиление и ослабление определяет их воздействие на организм и успешность его жизни. При этом важны не только воздействия извне, но и физиологическое состояние организма.

Первоначально закон совокупности (совместного) действия факторов впервые был сформулирован в приложении к сельскохозяйственным культурам и звучал так: величина урожая зависит не от отдельного, пусть даже **лимитирующего фактора**, но от всей совокупности экологических факторов одновременно.

В совокупном воздействии среды выделяются факторы, которые сильнее всего ограничивают успешность жизни организма. Эту закономерность формулирует **закон толерантности (В. Шелфорд)**:

лимитирующим фактором процветания организма (вида) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет **величину выносливости (толерантности)** организма к данному фактору.

Смысл закона толерантности очевиден: плохо и недокормить и перекормить, все хорошо в меру. Его применение необходимо при оценке успешности культивирования растений (при внесении удобрений, поливе и т. д.), выращивании сельскохозяйственных животных, оценке возможности акклиматизации диких видов и во многих других случаях.

Закон толерантности В. Шелфорда определяет и положение, по которому любой избыток вещества или энергии оказывается загрязняющим среду. К примеру, избыток удобрений оказывает пагубное воздействие на растения и ведет к снижению урожая, избыток воды даже в засушливых районах вреден и вызывает засоление почв и заболачивание, поэтому вода может рассматриваться как обычный загрязнитель, хотя в оптимальных количествах она здесь весьма полезна.

В соответствии с **законом оптимальности** никакой целостный организм (или система) не в состоянии превысить критические размеры (массу, рост), обеспечивающие поддержание его энергетики. У животных критические размеры зависят от поиска достаточного количества пищи, у растений они определяются скоростью усвоения и передачи питательных веществ.

Однако борьба с энтропией приводит в историческом плане к укрупнению организмов, и это укрупнение вызывает отход от закона оптимальности в большую сторону и, как правило, к вымиранию слишком крупных организмов, как это случилось, возможно, с динозаврами.

«По мере хода геологического времени выживающие формы увеличивают свои размеры (а следовательно, и вес) – затем вымирают», – писал В. И. Вернадский. Происходит это потому, что, чем мельче особи, тем труднее им противостоять процессам увеличения энтропии, закономерно организовывать энергетические потоки для

осуществления жизненных функций. Эволюционно размер особей поэтому увеличивается, что в конце концов в связи с нарушением закона оптимальности и приводит к их вымиранию. Данная закономерность получила название **закона увеличения размеров (роста) и веса (массы) организмов в филогенетической** (от греч. phylon — род, племя и genesis — происхождение, возникновение) **ветви (закон Копа и Денера)**.

Понятия «крупный» и «мелкий» имеют относительное значение по отношению к факторам среды. Поэтому могут вымирать и не гиганты, а лишь организмы, вышедшие за рамки закона оптимальности для данных условий.

Закон Копа и Денера может иметь и отрицательный знак, т. е. в ряду случаев с ходом геологического времени отдельные формы эволюционно мельчают, что дает им больше возможности для приспособления в среде обитания. Но если они преступают закон оптимальности в меньшую сторону, они или вымирают или теряют четко выраженную биологическую форму организации, превращаясь в «полуживые» органические молекулы и их агрегаты типа некоторых вирусоподобных образований.

Закон Копа и Денера, по мнению Н. Ф. Реймерса, позволяет объяснить массовое вымирание организмов (например, древнейших пресмыкающихся) весьма незначительными естественными изменениями среды жизни без привлечения каких-либо катастрофических причин. Он дает ключ к управлению такими экосистемами, которые являются объектами промысла. Так, например, массовая добыча криля в Мировом океане может сравнительно быстро сделать невозможным популяции китов, т. к. при своих крупных размерах они нуждаются в высокой плотности расселения объектов их питания.

Закон Копа и Денера, видимо, справедлив в целом и для экологических систем: слишком мелкие из них теряют свое «лицо» и эволюционно исчезают, а слишком крупные прогрессируют до достижения аномальных размеров и распадаются на более мелкие природные системы, теряя свою первоначальную однородность.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов, подготовленных учащимися, на темы:

– значение для рационального природопользования закона единства организм – среда;

– значение для рационального природопользования принципа экологического соответствия и правила соответствия условий среды жизни генетической предопределенности организма;

– значение для рационального природопользования закона минимума Ю. Либиха;

– значение для рационального природопользования закона совокупности (совместного) действия факторов;

– значение для рационального природопользования закона толерантности В. Шелфорда;

– значение для эволюции живой природы закона увеличения размеров (роста) и веса (массы) организмов в филогенетической ветви (закон Копа и Денера).

При подготовке к семинару используется текст учебника и другая учебная и научная литература. Все рассуждения и выводы иллюстрируются (поясняются) примерами из сферы сельскохозяйственного и промышленного производства, охотничьих и рыболовных промыслов, преобразования природных систем (водных и сухопутных) и других сфер человеческой деятельности.

Практические занятия

Обобщение результатов обсуждения тем семинара в виде графиков и таблиц, отображающих проявление законов системы организм — среда в природных системах и в системах, измененных в процессе хозяйственной деятельности человека.

Деловая игра

Учащиеся делятся на три группы: управленцев, экологов и журналистов. Задача управленцев – выдвинуть проект (один крупный или два – три более локальных) по преобразованию лесных, болотных, водных и других экосистем.

Задача экологов – дать анализ воздействия этого проекта на растения и животных с позиций нарушения законов системы организм – среда. Задача уточняющие вопросы управленцам и экологам об экологических последствиях для растительного и животного мира и человека практической реализации проектов.

2.2. Адаптация организмов

- Два принципа адаптации (толерантный и резистентный)
- Правило двух уровней адаптации
- Правило экологической индивидуальности (Л. Г. Раменский)
- Аксиома адаптированности, или аксиома Ч. Дарвина
- Принцип исключения (Г. Ф. Гаузе)
- Правило обязательного заполнения экологических ниш
- Экологическое правило С. С. Шварца
- Закон относительной независимости адаптации
- Правило поверхностей и правило Бергмана

Практически все закономерности, характерные для живого, имеют **адаптивное значение**, т. к. являются эволюционно возникшим приспособлением организмов к постоянно изменяющимся условиям среды.

Существует **два типа (принципа) приспособлений к внешним факторам**. **Первый принцип** заключается в формировании определенной степени устойчивости к данному экологическому фактору, способности сохранять функции при изменении силы его действия. Это пассивный путь адаптации – **адаптация по принципу толерантности** (от лат. tolerantia – терпимость, выносливость). Такой тип приспособления формируется как устойчивое видовое свойство и действует преимущественно на клеточно-тканевом уровне.

Второй принцип приспособления активный – **адаптация по резистентному** (от лат. resistentia – сопротивление, противодействие) **типу**. В данном случае организм с помощью специфических адаптивных механизмов компенсирует изменения воздействующего фактора

таким образом, что внутренняя среда остается относительно постоянной. Активные приспособления поддерживают гомеостаз внутренней среды организма.

Примером толерантного типа приспособления являются пойкилосмотические (от греч. poikilos – различный и osmos – давление), а примером резистентного типа – гомойосматические (от греч. homos – равный, одинаковый, взаимный, общий и osmos – давление).

К пойкилосмотическим животным относятся большинство водных беспозвоночных – губки, кишечнополостные, большинство червей, двустворчатые моллюски, иглокожие. Они не способны сохранять более или менее постоянное осмотическое давление крови и тканевой жидкости при изменении солености внешней среды.

К гомойосмотическим животным относятся некоторые пресноводные беспозвоночные (например, речные раки), костистые рыбы, водные пресмыкающиеся и млекопитающие. Они способны сохранять более или менее постоянное осмотическое давление внутренней среды, отличное от осмотического давления внешней среды.

Динамическое равновесие организма со средой, при котором организм сохраняет свои свойства и способность к осуществлению жизненных функций на фоне меняющихся внешних условий, достигается в результате функционирования двух адаптивных систем, действующих на основе различных принципов (**правило двух уровней адаптации**):

1. Механизмы, обеспечивающие адаптивный характер общего уровня стабилизации отдельных функциональных систем и организма в целом по отношению к наиболее генерализованным и устойчивым параметрам среды обитания, отвечающим зоне оптимума.

2. Лабильные реакции, поддерживающие относительное постоянство общего уровня путем включения функциональных адаптивных реакций при отклонениях конкретных условий среды от средних характеристик, что отражается на свойственном виду диапазоне переносимых изменений фактора, т. е. на его экологической валентности.

Примером этому являются сезонные температурные адаптации, типы саморегуляции при миграциях рыб и др.

Эти два уровня адаптации действуют совместно. Их взаимодействие обеспечивает точную «подгонку» функций организма к конкретному состоянию экологических факторов, а в конечном счете – устойчивое его существование в условиях сложной и динамичной среды.

В вечно меняющейся среде жизни каждый вид организмов посвоему адаптирован. Это выражается **правилом экологической индивидуальности** (Л. Г. Раменский): каждый вид специфичен по экологическим возможностям адаптации, двух идентичных видов не существует.

Правило экологической индивидуальности – прямое следствие и вместе с тем причина генетического разнообразия. По сути дела, и каждая особь эколого-генетически специфична и индивидуальна. Разница лишь в количественных показателях.

Экологическая специфичность видов подчеркивается так называемой аксиомой адаптированности, носящей также название экологической аксиомы, или аксиомы Ч. Дарвина: каждый вид адаптирован к строго определенной, специфичной для него совокупности условий существования – экологической нише. Совершенно очевидно, что раз все виды экологически индивидуальны, то они имеют и специфические экологические ниши.

Принцип исключения (теорема Г. Ф. Гаузе): два вида не могут существовать в одной и той же местности, если их экологические потребности идентичны, т. е. если они занимают одну и ту же экологическую нишу. В связи с данным принципом любые два вида с идентичными экологическими потребностями бывают разобщены в пространстве или во времени (живут в разных биотопах, ярусах леса, одни ведут ночной или сумеречный, другие – дневной образ жизни). При жесткой ограниченности возможностей пространственно-временного разобщения один из видов вырабатывает новую экологическую нишу или исчезает.

При вмешательстве в естественный животный и растительный мир следует всегда помнить **правило обязательного заполнения экологических ниш**: пустующая экологическая ниша всегда бывает

естественно заполнена. Экологическая ниша как функциональное место вида в экосистеме позволяет форме, способной выработать приспособительные особенности, заполнить эту нишу, однако это требует значительного времени. Нередко так называемые пустующие экологические ниши лишь обман зрения специалистов. На самом деле этих функциональных мест в экосистеме нет – они заполнены порой самым неожиданным образом.

К примеру, в бамбуковых зарослях Южного Сахалина нет мелких хищников, которые живут в долинах рек и на водоразделы практически не выходят. Их экологическая ниша заполнена серыми крысами – грызунами, обладающими хищными наклонностями.

Поэтому никогда не следует торопиться с заселением кажущихся пустующих ниш. Акклиматизация и реакклиматизация животных будет эффективна лишь при действительном наличии свободных экологических ниш, что бывает крайне редко. Количество безуспешных попыток интродуцировать виды огромно, немало и примеров просто вредных работ такого типа, принесших значительный социально-экологический ущерб.

Примеры: переселение в Крым сибирских белок, зараженных энцефалитными клещами, переселение дальневосточного ратана в водоемы европейской территории РФ, дальневосточной енотовидной собаки в леса европейской территории и др.

Из правила экологической индивидуальности и аксиомы адаптированности вытекает **экологическое правило, сформулированное нашим соотечественником С. С. Шварцем**: каждое изменение условий существования прямо или косвенно вызывает соответствующие перемены в способах реализации энергетического баланса организма; чем выше уровень систематической категории или больше их классификационное различие, тем значительнее отличие в энергетических процессах. К примеру, специализированные виды, как правило, приспособлены к среде лучше, чем специализированные внутривидовые формы.

Наличие у предкового организма какой-либо структуры или физической функции, которая имеется в сильно модифицированной форме

у более высокоразвитых родственных организмов, можно истолковывать, как указание на происхождение последних путем видоизменения первого. Это и составляет основу эволюционной теории.

Следует помнить, что приспособленность к одному фактору среды, например, освещенности, не дает организму такой же адаптированности к другим условиям среды – температуре, влажности и т. д. Данная вполне очевидная закономерность сформулирована как **закон относительной независимости адаптации**: высокая адаптированность к одному из экологических факторов не дает такой же степени приспособления к другим условиям жизни, наоборот, она может ограничивать эти возможности в силу физиолого-морфологических особенностей организма.

Нередко организмы, явно не связанные близким родством, обладают адаптациями для выполнения одних и тех же функций: сходные структуры, физиологические процессы или особенности образа жизни. К примеру, глаза позвоночных и головоногих моллюсков, крылья насекомых и летучей мыши.

Очень важное значение в экологии имеет **энергетическое правило поверхностей**: отношение продуцируемого особью тепла (для поддержания постоянной температуры тела независимо от температуры окружающей среды) к единице площади поверхности ее тела приблизительно одинаково. Оно колеблется около величины в $4 \cdot 10^6$ Дж/м^2/сутки.

Относительная теплоотдача у всех организмов растет с их измельчанием. Это следует из того, что масса тела пропорциональна кубу, а поверхность лишь квадрату его диаметра (объема).

Правило поверхностей служит основой для проявления **правила Бергмана**: у теплокровных животных, подверженных географической изменчивости, размеры тела особей, как правило, статистически (в среднем) больше у популяций, живущих в более холодных частях ареала вида. Это помогает теплокровным животным выжить в более суровых условиях севера.

Следует отметить, что эколого-организационные закономерности, связанные с их адаптацией к среде жизни, теснейшим образом нео-

трывно увязаны с группой ранее описанных законов взаимодействия в системах организм – среда. Разделение групп данных закономерностей чисто условно. Многие из них с одинаковым успехом и логичностью могут быть включены в любую из групп. Все зависит от угла зрения и целей анализа.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов, подготовленных учащимися, на темы:

– значение для эволюции и примеры проявления в живой природе двух принципов адаптации (толерантного и резистентного);

– значение для эволюции и примеры проявления в живой природе правила двух уровней адаптации;

– значение и проявление в живой природе правила экологической индивидуальности и аксиомы адаптированности;

– практическое значение принципа исключения Г. Ф. Гаузе и правила обязательного заполнения экологических ниш;

– анализ экологического правила С. С. Шварца с позиций второго начала термодинамики;

– значение для живой природы правила поверхностей и правила Бергмана и их анализ с позиций второго начала термодинамики.

При подготовке к семинару используется текст учебника и другая учебная и научная литература. Желательно в ответах на поставленные вопросы учитывать общесистемные законы (их прямое и косвенное проявление), а также приводить примеры нарушения человеком закономерностей адаптации растительных и животных организмов.

Деловая игра

Учащиеся делятся на 2 группы: охотоведов и экологов. Охотоведы выдвигают различные проекты по организации заказников в разных географических зонах и с разным набором местных и переселяемых животных. Экологи, опираясь на закономерности адаптации организмов, анализируют эти проекты и либо принимают их, либо доказывают их несостоятельность.

Практические занятия

Составление таблицы «Примеры проявления в живой природе и нарушение человеком закономерностей адаптации организмов» по приведенному образцу:

1.			
2.			
3			

2.3. Популяционные законы

- Принцип гомеостаза популяции
- Правило объединения в популяции
- Правило стабильности половозрастной структуры популяции
- Принцип минимального размера популяции
- Правило популяционного максимума
- Правило максимального «давления жизни»
- Теория лимитов популяционной численности
- Правило максимальной рождаемости (воспроизводства)
- Принцип А. Николсона
- Правило сохранения видовой среды обитания
- Правило внутренней непротиворечивости

Устойчивость популяции, ее относительная самостоятельность и «индивидуальность» зависят от того, насколько сбалансированы ее взаимоотношения со средой, насколько структура и внутренние свойства популяции сохраняют свои приспособительные черты на фоне

изменчивых условий ее существования. Именно в поддержании динамического равновесия со средой и заключается **принцип гомеостаза** (от греч. homoios – подобный, одинаковый и stasis – неподвижность, состояние) популяции как целостной биологической системы.

Все формы взаимодействия популяции со средой и осуществления общепопуляционных функций опосредуются через физиологические реакции отдельных особей. Это возможно лишь при определенных формах интеграции деятельности особей, в результате которой физиологические процессы в организмах отдельных животных осуществляются в направлении, адаптивном на уровне популяции в целом.

Именно эти процессы и лежат в основе сложных форм внутрипопуляционных отношений, в результате которых общий тип и конкретный характер пространственной структуры, уровень и динамика плотности населения и другие свойства популяций приводятся в соответствии с условиями их существования.

Механизмы, определяющие реакцию особей на информацию о состоянии внешней среды и самой популяции, могут быть заложены в самой природе информационного сигнала, к примеру, влияние метаболитов и других химических аспектов.

Но чаще (особенно у высших животных) полученная информация мотивирует адекватные формы поведения, в свою очередь стимулирующие изменение различных физиологических реакций. Интеграция первого и второго механизмов обусловливает общий адаптивный ответ популяции на изменившиеся условия.

Наиболее общей закономерностью является **правило объединения в популяции**: индивиды любого вида живого всегда представлены не изолированными отдельностями, а их определенным образом организованными совокупностями.

Для популяций характерно **правило стабильности половозрастной структуры популяции**: любая естественная популяция стремится к стабильной возрастной и половой структуре, четкому количественному распределению особей по возрастам и полу (если,

конечно, дифференциация по полу существует, что бывает отнюдь не всегда).

Существует **правило колебаний (цикличности) численности**: никакая популяция не находится в состоянии абсолютной уравновешенности числа особей, обязательно помимо сезонных изменений численности особей возникают периодические флуктуации, обусловленные как внешними по отношению к популяции факторами, так и связанные с собственными (внутренними) динамическими изменениями популяции.

Однако популяции не могут иметь размер ниже некоторого критического – **принцип минимального размера популяций** С. С. Четверикова: так как любая популяция обладает строго определенной генетической, фенотипической, половозрастной и другой структурой, то она не может состоять из меньшего числа индивидов, чем необходимо для обеспечения стабильной реализации этой структуры и устойчивости популяции к факторам внешней среды.

В силу специфики организмов минимальный размер строго специфичен для каждой популяции. Выход за предел минимума чреват для популяции гибелью, т. к. она не будет уже в состоянии самовозобновиться.

Популяции опасен не только минимальный, а и очень большой размер – **правило популяционного максимума** Ю. Одума: популяции эволюционируют так, что регуляция их плотности осуществляется на значительно более низкой по сравнению с верхней границей емкости местообитания, достигаемой лишь в том случае, если полностью используются ресурсы энергии и пространства. Если происходит массовое размножение популяций какого-то вида, то оно постепенно или относительно мгновенно гасится биоценотическими механизмами (болезнями, паразитами, хищниками и т. п.).

Общая абсолютная численность особей популяции ограничена произведением максимума плотности населения на жизнепригодную для популяции площадь обитания с учетом разницы в местообитаниях.

По этому поводу американский эколог Ю. Одум замечает, что может быть 100 птиц на 1 га и 20000 почвенных членистоногих на

1 м^2, но никогда не бывает 20000 птиц на 1 м^2 и всего 100 членистоногих на 1 га. Принцип минимального размера популяции и правило популяционного максимума строго соблюдаются на особо охраняемых территориях, в охотничьих хозяйствах, при акклиматизации животных, при отстрелах и разведении животных.

В соответствии с **теорией лимитов популяционной численности (теория Х. Г. Андреварты – Л. К. Бирча)** численность естественных популяций ограничена истощением пищевых ресурсов и условий размножения, недоступностью этих ресурсов и слишком коротким периодом ускорения роста популяции.

В то же самое время существует **правило максимальной рождаемости (воспроизводства)**: в популяции имеется тенденция к образованию теоретически максимально возможного количества новых особей. Оно достигается в идеальных условиях, когда отсутствуют лимитирующие экологические факторы, и размножение ограничено лишь физиологическими особенностями вида.

В реальных условиях действует **правило максимального «давления жизни»**: организмы размножаются с интенсивностью, обеспечивающей максимально возможное их число, исходя из емкости среды жизни и многими другими внутренними и внешними факторами.

Потенциально любая популяция в состоянии «заполнить Землю». И это бы случилось, если бы каждый индивидуум выживал и к тому же производил максимальное число потомков. Но этого не случается: многие особи погибают, не успев произвести потомство, а многие размножаются со скоростью, далеко не достигающей максимальной.

В соответствии с **принципом А. Николсона**, популяции суть стабильные системы, способные противостоять факторам внешней среды и контролировать эти факторы изменением своей плотности населения. Будет точнее, если говорить не о контроле среды, а о компенсациях в связи с ее изменением путем колебания численности популяции.

В нормальных условиях рост численности сдерживают закон популяционного максимума и **правило сохранения видовой среды обитания**: животные в норме не могут абсолютно разрушительно

воздействовать на среду своего обитания, поскольку такое разрушение лишает их собственной основы жизни, т. к. съесть сразу все означает затем остаться без пищи и погибнуть от голода.

К данному правилу близко по смыслу **правило внутренней непротиворечивости**: в естественных экосистемах деятельность входящих в него видов направлена на поддержание этих экосистем как среды собственного обитания, что обеспечивает экологический баланс и условно неопределенное долгое существование экосистемы определенного типа.

В экологической экспертизе проектов преобразования природы следует предусмотреть возможность поддержания нужной экосистемы (их иерархии) и принимать во внимание то, что, если начался процесс спонтанной сукцессии на огромных территориях, остановить его, повернуть вспять чрезвычайно трудно и экономически разорительно. Обычно в него вовлекаются и абиотические экологические компоненты, поэтому меняется весь природный комплекс в целом. К примеру, процесс опустынивания легко можно предотвратить лишь на самых ранних фазах его развития. Но если он уже начался, то его доступно остановить лишь ценой предельных усилий по восстановлению прежнего экологического равновесия.

Группа перечисленных закономерностей саморегуляции в живых системах имеет большое практическое и теоретическое значение. Популяции поддерживают собственную среду жизни. Но это динамическое равновесие иногда нарушается, и происходит массовое размножение какого-либо вида организмов.

Подобные случаи массового (нередко катастрофического) размножения организмов следует отнести к двум группам.

Одна из них связана с антропогенными трансформациями среды жизни. К примеру, в сибирской тайге очаги массового размножения насекомых никогда не возникают в коренных лесах.

Другая группа, по мнению российского эколога Н. Ф. Реймерса, связана с особым типом отношений между популяционной динамикой и экосистемными механизмами. Эволюционный отбор идет не на уровне внутрисистемных отношений в рамках собственной экоси-

стемы, а на **межэкосистемном уровне**. Таковы вылеты саранчи, некоторых бабочек, отчасти миграции леммингов, белок, а из птиц – кедровок.

Эволюция человека также пошла по пути межэкосистемного отбора вплоть до освоения всей биосферы. Поэтому исторический процесс с точки зрения экологии — сплошная цепь массовых размножений людских популяций. Необходимых механизмов сохранения среды человечество не выработало, что с превращением его в глобальную силу может грозить ему самоуничтожением.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы:

– значение принципа гомеостаза и правила объединения в популяции для экологии животных;

– зависимость численности популяций животных от возрастной структуры и соотношения полов;

– какую роль в теории лимитов популяционной численности играют законы минимального и максимального размера популяции;

– специфика проявления правила максимальной рождаемости в случаях массового размножения травоядных и хищников;

– как действует правило сохранения видовой среды обитания и правило внутренней непротиворечивости.

При подготовке к семинару используется текст учебника, другая учебная и научная литература.

Необходимо обращать внимание на практическое использование популяционных законов в природоохранной деятельности и природопользовании (рыбном, лесном, охотничьем и других видах промыслов и т. д.).

Практические занятия

Составить таблицу популяционных законов и их значения для природоохранной и природопользовательской деятельности по приведенному образцу:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

Деловая игра

Учащиеся делятся на охотоведов и экологов, которые договариваются о видах животных (птицы, растительноядные, хищники и др.), которые предполагается развести в лесу для спортивной охоты. Площадь леса 1000 га. Максимально плотности оговариваются отдельно для каждого вида животного. Срок действия охотничьего хозяйства неопределенно долог.

Охотоведы, учитывая популяционные законы, предлагают свои количества выпускаемых животных и нормы их ежегодного отстрела с учетом размножения животных и сроков действия охотничьего хозяйства. Экологи проверяют их расчеты и дают заключение на соблюдение популяционных законов.

С целью вовлечения в активную игру как можно большего количества участников, охотоведы и экологи делятся на маленькие группы по 2—3 человека, которые «отрабатывают» какой-нибудь один вид животного. В конце игры подводятся общие итоги.

Норма плотности животных на единицу площади в разных регионах различна. Она зависит прежде всего от хозяйственной освоенности и заселенности территории, а также от размеров и характера мест обитания животных — лесных, открытых и водных угодий. Например, в Московском регионе численность популяции животных считается стабильной и допускается ограниченный их отстрел (охота) при следующей плотности животных на 1 га угодий: белок — 0,03;

волка — 1.10^{-5}; горностай — 0,01; заяц-беляк — 0,02; заяц-русак — 0,0003; кабан — 0,003; лось — 0,002; хорь — 0,0002; марал — 0,0003; олень европейский — 0,0002; олень пятнистый — 0,0003; косуля — 0,001; куница — 0,002; лисица — 0,003; тетерев — 0,01; глухарь — 0,001; серая куропатка — 0,04; рябчик — 0,04.

2.4. Пространственная структура популяций

- Принцип территориальности
- Принцип построения пространственной структуры
- Правило топографического, или популяционного, кружева ареала (Н. Ф. Реймерс)
- Принцип скопления (агрегации) особей (В. Олли)
- Принцип воздействия факторов (В. Тишлер)
- Принцип стабилизации экологических ниш, или принцип биоценотической коэволюции
- Принцип конкурентного исключения (закон Г. Ф. Гаузе)
- Принцип видо-родового представительства (Й. Иллиес)
- Принцип сосуществования (Дж. Хатчинсон)
- Правило географической изменчивости кружева ареала (Н. Ф. Реймерс)
- Правило географического оптимума

Исходя из самого определения понятия «популяция», каждая из них населяет определенное пространство, т. е. обладает **принципом территориальности**: все особи и функциональные их объединения в популяции обладают индивидуальным и групповым пространством, возникающим в результате действия механизмов активного разобщения – поведенческого у высших организмов или физико-химического у низших.

Конкретное выражение пространственной структуры у разных видов отличается. Оно зависит от особенностей питания, биологии размножения и форм заботы о потомстве, отношения к абиотическим факторам, способов использования территории и социальных отношений.

При всем многообразии конкретных форм пространственной структуры различных видов можно выделить **два наиболее распространенных принципа ее построения**, отличающихся способом использования территории животными с оседлым и кочевым образом жизни. Видам с оседлым образом жизни свойственен **интенсивный тип** использования природных ресурсов, а с кочевым – **экстенсивный**.

Различия в особенностях биологии и в нагрузке на ресурсы среды в этих двух вариантах весьма существенны. При интенсивном типе особи или их группировки длительное время эксплуатируют ресурсы ограниченных территорий и поэтому популяции не могут достигать очень крупных размеров. При экстенсивном типе особи и их группировки постоянно мигрируют, тем самым позволяя восстановиться растительному покрову. Изобилие постоянно возобновляющегося корма позволяет увеличиваться популяциям до очень больших размеров. Примером этому служат огромные стада антилоп в Африке, численность особей в которых достигает нескольких десятков миллионов голов.

В соответствии с правилом **топографического, или популяционного, кружева ареала** нашего соотечественника Н. Ф. Реймерса популяция заселяет пространство неравномерно, оставляя «пустые» места, которые непригодны для жизни, и распадаясь на экологически разнородные **микропопуляции**, каждая из которых приурочена к определенному местообитанию. Обусловлено это многими факторами среды как абиотическими, так и биотическими.

Очень важен для сохранения популяции **принцип скопления (агрегации) особей В. Олли**: скопление (агрегация) особей усиливает конкуренцию между индивидами, но способствует выживанию группы в целом; следовательно, как перенаселенность, так и недонаселенность, препятствующая агрегации, могут служить лимитирующими факторами.

Принцип агрегации особей диктует необходимость образования стай, стад и колоний животных, оптимальной густоты и оптимального распределения растений. В зависимости от биологии и экологии

живых организмов распределение может быть скученное, случайное и равномерное.

Данная закономерность нашла отражение в **принципе воздействия факторов (В. Тишлер)**, согласно которому границы, размер и характер ареала вида или местообитания популяции обусловлены их биологическими особенностями, и на оборот, биологические особенности вида или популяции могут указывать (быть индикаторами) места, где их можно найти.

Точнее говоря, каждый вид или популяция входят в какие-то **биоценозы** и соответствующие экосистемы (биогеоценозы) и там, где есть вид или его специфическая популяция, очевидно, существует тот **ценоз**, куда они входят и где вырабатывают свою экологическую нишу.

В связи с этим был сформулирован **принцип стабилизации экологических ниш**, или **принцип биоценотической коэволюции**: эволюция популяций внутри сообщества и эволюция этого сообщества скоррелированы таким образом, что каждый вид устойчиво сохраняет в этой природной системе свое функциональное место (**экологическую нишу**) до тех пор, пока внешние силы (воздействия надсистем или других аналогичных систем) не изменяют существующего баланса. В данном случае термин «эволюция» понимается не только в историческом отношении, но и как динамическое понятие, т. е. как процесс постоянного взаимодействия видов, составляющих биотическое сообщество.

Принцип стабилизации экологических ниш очень строго учитывается в практике работ по акклиматизации и реакклиматизации животных. Как правило, «свободных» экологических, не возникших из-за нарушения экосистем человеком, быть не может.

Любое сообщество находится в состоянии баланса, достигнутого в ходе биоценотической коэволюции: деятельность комплекса видов продуцентов управляется консументами и вводится в обратную связь редуцентами. Если бы такого баланса не существовало, экосистема деградировала бы. И поскольку этого не происходит, разговоры о «свободных» или «незанятых» экологических нишах не имеют под собой никакого основания.

При акклиматизации (или внедрении) нового для сообщества вида, не имеющего биоценотических и других механизмов ограничения численности, меняется вся экосистема и возникает новый баланс. При наличии жесткой конкуренции внедрившийся вид либо бывает уничтожен, либо он вырабатывает такие свойства, которые позволили ему стать членом нового для него сообщества, т. к. в связи с **принципом конкурентного исключения**, или **законом (теоремой) Г. Ф. Гаузе**, два вида с близкими экологическими требованиями длительное время не могут занимать одну экологическую нишу, и, как правило, входить в одну экосистему.

Но в любом случае сообщество функционально изменилось, приобрело новые свойства, возможно малозаметные, но весьма существенные для корреляции взаимоотношений между видами в нем.

Принцип конкурентного исключения накладывает жесткие ограничения на совместное нахождение видов одного рода, что приводит к их географическому замещению. Данная закономерность получила название **принципа видо-родового представительства (Й. Иллиес)**: поскольку два близкородственных вида не могут занимать одинаковые экологические ниши в одном биотопе, и, соответственно, в биоценозе, богатые видами роды обычно представлены в экосистеме единственным своим представителем.

В ряде случаев (особенно в водных экосистемах) принцип конкурентного исключения нарушается в соответствии с **принципом сосуществования (Дж. Хатчинсон)**: два вида в порядке исключения могут сосуществовать в одной экологической нише, и если близкие виды вынуждены использовать одни и те же ресурсы, то естественный отбор может благоприятствовать их сосуществованию, и они способны эволюционировать в близком направлении.

Географические границы распространения популяций в значительной степени контролируются как климатическими, так и микроклиматическими факторами. Данная закономерность получила название **правила географической изменчивости кружева ареала (Н. Ф. Реймерс)**. Одно из его следствий состоит в том, что на севере вид приурочен к более теплым приречным, низменным участкам, затем к

югу заселяет более широкие пространства, а на южном пределе распространения вновь приурочен к приречным более влажным и прохладным местообитаниям.

Благодаря этому, к примеру, леса с населяющими их животными продвигаются по речным долинам далеко к северу и югу, где господствуют тундра и степь, соответственно.

В соответствии с **правилом географического оптимума** условия обитания вида наиболее оптимальны для него в центре ареала, т. к. абиотическая и биотическая среда тут наиболее благоприятна, а экологическая ниша выработана с наибольшим совершенством. Но это не всегда так, т. к. наиболее благоприятные условия могут быть не только в центре, но и в других местах ареала (например, в морских экосистемах вблизи берегов).

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы:

– влияние на пространственную структуру популяций принципа территориальности и принципов построения пространственной структуры и их экологическое значение;

– влияние на пространственную структуру правил топографического кружева и географической изменчивости кружева Н. Ф. Реймерса и последствия этого влияния;

– сопоставление принципов агрегации, видо-родового представительства, стабилизации экологических ниш, конкурентного исключения и сосуществования и их значение для существования популяций и экосистем;

– значение закономерностей пространственной структуры популяций для организации особо охраняемых территорий.

При подготовке к семинару используется учебник, другая учебная и научная литература. Особое внимание обращается на практическое значение и применение закономерностей пространственной организации популяций.

Практические занятия

На основе учебного материала и результатов обсуждения на семинаре составить таблицу основных природных факторов, влияющих на пространственную структуру популяций.

Деловая игра

Учащиеся разбиваются на бригады по 2—3 человека. Им обрисовывается ситуация, при которой уничтожены все птицы. Задача участников игры — проследить все изменения в лесостепной экосистеме, которые могут произойти. Бригады готовят свои проекты. Затем поочередно перед всем классом защищают его. Другие бригады в это время выступают в качестве оппонентов.

2.5. Функционирование биоценозов

- Закон энергетической проводимости
- Закон пирамиды энергий, или закон 10 % (Р. Линдемана)
- Закон однонаправленности потока энергии
- Правило биологического усиления
- Правило «метаболизм и размеры особей» (правило Ю. Одума)
- Закон удельной продуктивности
- Правило (принцип) экологического дублирования
- Принцип подвижного равновесия (А. А. Еленкин)
- Принцип продукционной оптимизации (Г. Реммерт)
- Принцип эквивалентности
- Принцип биоценотической надежности

В жизни биоценозов определяющее значение имеют энергетика, потоки веществ, продуктивность и надежность их функционирования. **Закон энергетической проводимости** гласит: поток энергии, вещества и информации в системе как целом должен быть сквозным, охватывающим всю систему или косвенно отзывающимся в ней. В противном случае система не будет иметь свойства единства.

Сквозной поток энергии, проходя через трофические уровни биоценозов, постепенно гасится.

Английский микробиолог Р. Линдеман сформулировал **закон пирамиды энергий, или закон (правило) 10 %**: с одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой ее уровень в среднем не более 10 % энергии. Больший переход энергии (или вещества в энергетическом выражении) ведет к неблагоприятным для экосистемы (и теряющего энергию трофического уровня) последствиям.

Закон позволяет делать расчеты необходимой земельной площади для обеспечения диких и домашних животных, а также человека продовольствием и другие эколого-экономические расчеты.

Обратный поток, связанный с потреблением веществ и продуцируемой верхним уровнем экологической пирамиды энергии более низкими ее уровнями намного меньше. Данная закономерность сформулирована в **законе однонаправленности потока энергии**: энергия, получаемая сообществом (экосистемой) и усваиваемая продуцентами, рассеивается или вместе с их биомассой необратимо передается консументам первого, второго и т. д. порядков, а затем редуцентам с падением потока на каждом из трофических уровней в результате процессов, сопровождающих дыхание. Поскольку в обратный поток (от редуцентов к продуцентам) поступает ничтожное количество изначально извлеченной энергии (не более 0,25–0,5 %), говорить о «круговороте энергии» нельзя.

Одно из важнейших следствий закономерного убывания биомассы и энергии по мере перехода с одного трофического уровня на другой – ограниченность длины пищевых цепей, включающих обычно небольшое число звеньев.

Во всех ценозах (биоценозах, фитоценозах, зооценозах и т. п.) действует **правило биологического усиления**: если энергия при переходе на более высокий уровень экологической пирамиды десятикратно теряется, то накопление в организмах ряда веществ, в том числе токсичных и радиоактивных, в примерно такой же пропорции увеличивается.

Это одна из важнейших закономерностей, известных в экологии. На ее основе строится вся система охраны здоровья живых организмов, включая и человека, стоящего на самом верху экологической

пирамиды и поэтому подверженного максимальному воздействию антропогенного и природного загрязнения окружающей его среды.

Поиск закономерностей динамики энергопотоков в разных экосистемах – важнейшее направление исследований не только в плане развития общей теории биоэнергетики, но и как научной основы оптимизации эксплуатации природных ресурсов и разработки мероприятий, нацеленных на формирование устойчивых и продуктивных сообществ в условиях современного антропогенного воздействия.

При неизменном энергетическом потоке в пищевой сети (или цепи) действует **правило «метаболизм и размеры особей» (правило Ю. Одума)**: более мелкие наземные организмы с высоким удельным метаболизмом создают относительно меньшую биомассу, чем крупные, т. к. по сравнению с последними, более значительная часть их энергии уходит на поддержание обмена веществ, а у теплокровных – и постоянной температуры тела. Правило американского эколога Ю. Одума обычно не реализуется в водных биоценозах, т. к. мелкие водные организмы в значительной мере поддерживают свой обмен веществ за счет внешней энергии непосредственно окружающей их среды.

Из-за антропогенного нарушения природной среды и уничтожения крупных деревьев, травоядных животных и хищников происходит постепенное измельчание фауны и флоры. В соответствии с правилом Ю. Одума это неминуемо приводит к общему снижению относительной продуктивности организмов и термодинамическому разладу в сообществах и биоценозах.

Наряду с правилом «метаболизм и размеры особей» в биосистемах действует **закон удельной продуктивности**: если измельчение особей согласно правилу Ю. Одума, ведет к производству относительно меньшего объема биомассы, то удельный ее выход с единицы площади в силу более полного заселения пространства увеличивается. Поэтому никогда слоны не дадут той биомассы с единицы площади, какую способны дать саранча или более мелкие беспозвоночные.

Данная закономерность распространяется и на домашних животных: прирост птичьего мяса на единицу площади происходит гораздо быстрее, чем, к примеру, у крупного рогатого скота.

Исчезновение крупных особей меняет вещественно-энергетическую структуру ценозов в соответствии с **правилом (принципом) экологического дублирования**: исчезающий или уничтожаемый вид живого в рамках одного уровня экологической пирамиды заменяет другой функционально-ценотический, аналогичный по схеме: мелкий сменяет крупного, эволюционно ниже организованный – более высокоорганизованного, более генетически лабильный и мутабельный – менее генетически изменчивого.

Поскольку экологическая ниша в биоценозе не может пустовать, экологическое дублирование происходит обязательно. Поэтому, к примеру, мы видим, как уничтожаемых копытных в степи сменяют грызуны, а в ряде случаев и растительноядные насекомые.

Экологическое дублирование помогает сохраниться биоценозу, т. к. проходящий через него и экосистему энергетический поток в целом практически мало меняется. Поэтому дублирование – один из механизмов поддержания надежности ценозов.

Это наиболее мобильный способ их адаптации. В подтверждение этого достаточно вспомнить замещение мелкими млекопитающими крупных пресмыкающихся мезозойской эры.

Общий «смысл» дублирования – максимально полное проведение и использование потока энергии, стабилизация ценоза в меняющихся условиях существования. Данная закономерность была сформулирована российским ботаником А. А. Еленкиным (1921 г.) в виде **принципа подвижного равновесия**: биотическое сообщество сохраняется как единое целое вопреки регулярным колебаниям среды его существования, но при воздействии необычных факторов структурно изменяется с переносом «точки опоры» на другие растительные компоненты (группы растений). Если необычные, нерегулярные факторы оказывают многолетнее воздействие, то сообщество формирует иную структуру. Однако следует заметить, что как правило, сохраняются элементы дублирования в виде малочисленных в ценозе видов, которые могут быть мобилизованы в случае новых резких изменений среды.

Для развития биоценозов очень важное значение имеет **принцип продуктивной оптимизации (Г. Реммерт)**: отношение между первичной и вторичной продукцией (между продуцентами и консументами) соответствует принципу оптимизации – «рентабельности» биопродукции. Как правило, растения и другие продуценты дают биомассу достаточную, но не излишнюю, для потребления всем биотическим сообществом. При относительном «перепроизводстве» органического вещества биоценоз становится «нерентабельным», возникают предпосылки для массового размножения отдельных видов, к примеру, вредителей сельскохозяйственных полей, являющихся весьма мало рентабельными с «точки зрения» природы.

Характеристики ценозов сугубо индивидуальны, но вместе с тем аналогово формируются в сходных условиях среды (**принцип эквивалентности**). Это дает ключ к пониманию механизмов функционирования ценозов.

Все перечисленные закономерности саморегуляции ценозов обобщаются в виде **принципа стабильности**: любая относительно замкнутая биосистема с проходящим через нее потоком энергии в ходе саморегуляции развивается в сторону устойчивого состояния. Ценоз стремится к нормальной «энергетической проводимости» с помощью механизмов, обобщенно сформулированных в правилах (и принципах) экологического дублирования, эквивалентности, подвижного равновесия, продукционной оптимизации и, вероятно, других еще не открытых законов.

Обобщающее **правило биоценотической надежности**: надежность ценоза зависит от его энергетической эффективности в данных условиях среды и возможностей структурно-функциональной перестройки в ответ на изменение внешних воздействий.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы:

– энергетика биоценозов;

– потоки веществ и энергии в биоценозах;

– продуктивность биоценозов;

– надежность биоценозов.

При подготовке к семинару используется учебник и другая учебная и научная литература. Особое внимание обращается на прикладное (практическое) значение закономерностей функционирования ценозов.

Практическое занятие

Составление экологических пирамид для разных экосистем. Составление таблиц и структурных схем практического использования закономерностей функционирования биоценозов.

Деловая игра

Учащиеся делятся на проектировщиков и экологов. Проектировщики разрабатывают ряд проектов по «улучшению» и «обогащению» природы. Экологи, опираясь на законы функционирования сообществ и биоценозов, дают экологическую оценку проектам.

2.6. Видовой состав биоценозов

- Закон действия факторов и биоценотические принципы (А. Тинеман)
- Принцип плавности изменения среды (Г. Ранц)
- Принцип плотной упаковки (Р. Макартур)
- Биоценотические постулаты (В. Тишлер)
- Биоценотическое правило (Г. Ф. Морозов)
- Правило взаимоприспособленности организмов в биоценозе (К.Мебиус – Г. Ф. Морозов)
- Принцип экологического высвобождения
- Законы системы хищник – жертва (В. Вольтерра)
- Теорема Л. Р. Гинзбурга
- Правило управляющего значения консументов (В. Уини– Эдварде)
- Правило пищевой корреляции
- Правило стабилизации экологической ниши (принцип коэволюции)
- Правило монокультуры

Виды формируют экологически определенные системные совокупности – сообщества и биоценозы – отличающиеся от соседних, хотя и сравнительно постепенно в них переходящие.

Единство прерывности и непрерывности биотического покрова, «живого вещества» по В. И. Вернадскому, является основой существования и развития жизни на Земле.

Немецкий ученый А. Тинеман в 1926 г. сформулировал **закон действия факторов**: состав сообщества и биоценоза по видам и численности особей в них определяется тем фактором среды, который оказывается в **пессиуме** (наиболее неблагоприятен) для данного сообщества или биоценоза.

В 1939 г. А. Тинеман сформулировал широко известные биоценотические принципы:

– **принцип разнообразия** – чем разнообразнее условия биотопа, тем больше видов в биоценозе;

– **принцип отклонения условий** – чем выше отклонения условий биотопа от нормы, тем беднее видами и специфичнее биоценоз, а численность особей отдельных составляющих его видов выше.

Примером проявления первого принципа А. Тинемана служит тропический лес, где в условиях очень большого разнообразия среды жизни в биоценозы входит огромное число видов и трудно встретить место, где бы рядом росли два растения одного вида.

Второй принцип А. Тинемана проявляется в экстремальных биотопах, в том числе монокультуре и местах интенсивного загрязнения среды. В этих местах всегда мало видов, но число особей в них обычно велико, наблюдаются вспышки массового размножения организмов.

Биоценотические принципы А. Тинемана, отражающие закономерности связи биотоп – биоценоз, дополняет **принцип плавности изменения среды Г. Ранца**: чем плавнее изменяются условия среды в биотопе и чем дольше он остается неизменным, тем богаче видами биоценоз и тем более он уравновешен и стабилен.

Принцип Г. Ранца — эволюционно-динамический.

Его особое практическое значение в том, что, чем быстрее происходит преобразование природы, биотопов, тем труднее видам успеть приспособиться к этому преобразованию, а потому биоценозы ими обедняются.

В сообществах и биоценозах действует **принцип плотной упаковки** (Р. Макартур): виды, объединенные в сообщество (биоценоз, экосистему), используют все возможности для существования, представляемые средой, с минимальной (но не нулевой!) конкуренцией между собой и максимальной биологической продуктивностью в условиях данного конкретного места обитания (биотопа); при этом пространство заполняется с наибольшей плотностью.

Из данного принципа следует, что при культивировании биологических ресурсов необходимо стремиться к созданию систем, подобных природным.

Виды в биоценозе и сообществе находятся в весьма сложных связях между собой. Системная взаимосвязь популяций видов в составе биоценозов и сообществ вполне закономерна.

В. Тишлер назвал данную закономерность «биоценотическим порядком» и выделил пять основных признаков (постулатов) этого порядка:

– биоценотическая система возникает из сочетания готовых частей, а не в результате дифференциации внутренних зачатков;

– существует заменяемость частей ценоза и отсутствует обязательная связь этих частей со всей системой, но лишь с общей основой их и ее существования (грубо говоря, с биотопом);

– биоценоз как система поддерживается взаимной компенсацией сил благодаря антагонизму, а не координации составляющих его частей;

– существует лишь количественная, а не качественная способность к регуляции выпадающих компонентов биоценоза;

– ограничения функционирования системы обусловлены внешними условиями, а не внутренними предпосылками.

При использовании постулатов В. Тишлера на практике следует помнить, что ценоз – саморазвивающаяся система, ограниченная внешними условиями и внутренними предпосылками. При этом часто внешние условия готовит сама биосистема. Закономерности идущих замен в ценозах общесистемны для целого и подчиняются законам его функционирования.

Большое значение для постановки природоохранного дела имеет **биоценотическое правило известного нашего лесовода Г. Ф. Морозова** (1912): «в природе не существует полезных и вредных птиц, полезных и вредных насекомых, там все служит друг другу и взаимно приспособлено».

Правило взаимоприспособленности организмов в биоценозе (К. Мебиуса – Г. Ф. Морозова): виды в биоценозе приспособлены друг к другу настолько, что их сообщество составляет внутреннее противоречие, но единое и взаимно увязанное системное целое.

В связи с этим важны два принципа взаимосвязи числа видов и их жизненного благополучия:

– **принцип экологического высвобождения**: при удалении из данного сообщества (биоценоза) части популяции одного вида другой, близкий к нему вид, увеличивается в числе;

– **принцип экологической компрессии**: увеличение числа видов лимитирует возможность проникновения их в большое число местообитаний одновременно, снижает число особей в каждом из видов, и наоборот, множественность видов ограничена способностью их внедрения в новые местообитания.

Взаимосвязи видов в биоценозах исследованы еще не полностью. Наиболее изучены законы системы «хищник — жертва». Итальянский математик **В. Вольтерра** сформулировал три таких закона:

– **закон периодического цикла**: процесс уничтожения жертвы хищником нередко приводит к периодическим колебаниям численности популяций обоих видов, зависящим только от скорости роста популяций хищника и жертвы и от исходного соотношения их численностей;

– **закон сохранения средних величин**: средняя численность популяции для каждого вида постоянна независимо от начального уровня при условии, что специфические скорости увеличения численности популяций, а также эффективность хищничества постоянны;

– **закон нарушения средних величин**: при аналогичном нарушении популяций хищника и жертвы (например, рыб в ходе промысла пропорционально их численности) средняя численность популяции

жертвы растет, а популяции хищника падает.

Законы системы «хищник – жертва» В. Вольтерры дополняет **теорема Л. Р. Гинзбурга** (1973): успешность сосуществования двух и более видов (их популяций) определяется не их начальной численностью, а относительными коэффициентами конкуренции.

Закон В. Вольтерры и теорема Л. Р. Гинзбурга широко используются на практике. В роли «хищника» может выступать и растительноядное существо. Это придает данным закономерностям более широкий смысл отношений в системе «потребитель – корм»: хищники регулируют число растительноядных животных, а растительноядные — плотность растительного покрова (**правило управляющего значения консументов**).

Это не значит, что следует игнорировать обратное управляющее воздействие нижележащего уровня экологической пирамиды. Именно прочные, динамичные обратные связи управляют ценозами, придают им внутреннюю стабильность, а при нарушениях – и устойчивость к внешним воздействиям, способность вернуться в гомеостатическое состояние.

В связи с **правилом пищевой корреляции** (В. Уини – Эдварде) в ходе эволюции сохраняются только те популяции, скорость размножения которых скоррелированы с количеством пищевых ресурсов среды их обитания. При этом скорость размножения всегда ниже максимально возможной, и постоянно остается запас пищевых ресурсов.

В более широком значении правило пищевой корреляции может быть названо **правилом стабилизации экологической ниши или принципом коэволюции**: эволюция популяций внутри сообщества и эволюция сообщества скоррелированы таким образом, что каждый вид устойчиво сохраняет в этой сложной природной системе функциональное место (экологическую нишу) до тех пор, пока внешние силы не изменят существующего баланса.

Правила пищевой корреляции и стабилизации экологической ниши существенны для понимания механизмов функционирования и управления экосистем, а также для практики охотничьего и рыбного хозяйства, растениеводства и животноводства.

Для хозяйственной деятельности особенно велико следствие из законов «потребитель – корм» – **правило монокультуры**: «эксплуатируемые для нужд человека системы, представленные одним видом, равно как и системы монокультур (например, сельскохозяйственные монокультуры), неустойчивы по своей природе» (Ю. Одум, 1975).

Пагубность монокультур «учтена» природой – ею выработана стратегия сохранения гомеостаза на основе поддержания разнообразия и взаимозависимости членов биоценоза.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы:

– закономерности формирования видового состава биоценозов;
– законы формирования биоценотических связей;
– законы системы «потребитель – корм»;
– прикладное значение биоценотических постулатов В. Тишлера.

При подготовке к семинару используется учебник и другая учебная и научная литература. Особое внимание обращается на практическое значение закономерностей формирования видового состава биоценозов и биоценотических связей.

Практическое занятие

Составление таблицы закономерностей формирования видового состава биоценозов и биоценотических связей и их прикладного значения.

Деловая игра

Учащиеся делятся на теоретиков и прикладников (инженеров-практиков).

Теоретики называют какую-нибудь закономерность формирования видового состава биоценозов и биоценотических связей и доказывают ее фундаментальное значение для природы.

Прикладники показывают, к каким последствиям приводит несоблюдение данной закономерности в природопользовательной практике (сельском, лесном, промысловом и других видах хозяйствования).

2.7. Функционирование экосистем

- Принцип экологической комплектарности
- Закон внутреннего динамического равновесия (Н. Ф. Реймерс)
- Правило «Тришкина кафтана»
- Закон экологической корреляции
- Правило оптимальной компонентной дополнительности
- Принцип экологической надежности
- Принципы видового обеднения (замещения)
- Закон неравномерности развития систем, или закон разновременности развития (изменения) подсистем в больших системах

Как известно, в экосистемах биоценозы и среда обитания объединены в единое функциональное целое, возникающее на основе взаимозависимости и причинно-следственных связей, существующих между отдельными экологическими компонентами. Нередко экосистема считается синонимом биогеоценоза. Но биогеоценоз правильнее рассматривать как иерархически элементарную комплексную, т.е. состоящую из биотопа и биоценоза, экосистему – своеобразную «клеточку» (по аналогии с клеточным строением организма) биосферы (Н. Ф. Реймерс, 1990).

Экосистему следует рассматривать как информационно саморазвивающуюся, термодинамически открытую совокупность биотических экологических компонентов и абиотических источников вещества и энергии, единство и функциональная связь которых, в пределах характерного для определенного участка биосферы времени и пространства, обеспечивают превышение на этом участке внутренних закономерностей перемещений вещества, энергии и информации над внешним обменом (в том числе между соседними аналогичными совокупностями) и на основе этого неопределенно долгую **саморегуляцию** и развитие целого под управляющим воздействием биотических и биогенных составляющих.

Принцип экологической комплектарности (дополнительности) говорит: никакая функциональная часть экосистемы не может существовать без других функционально дополняющих частей.

Н. Ф. Реймерс (1975) сформулировал **закон внутреннего динамического равновесия экосистемы**: вещество, энергия, информация и динамические качества отдельных природных систем (в том числе экосистем) и их иерархии связаны настолько, что любое изменение одного из этих показателей вызывает сопутствующие функционально-структурные количественные и качественные перемены, сохраняющие общую сумму вещественно-энергетических, информационных и динамических качеств систем, где эти изменения происходят, или в их иерархии.

Действие закона внутреннего динамического равновесия четко связано с **законом однонаправленного потока энергии**. Именно ограниченность этого потока и специфические свойства формируют всю массу связей в экосистеме в их разнообразии.

Этот закон – одна из путеводных нитей в управлении природопользованием. Его справедливость доказывается всей пагубной практикой хищнического (по отношению к природе) ведения хозяйства и особенно характером региональных экологических катастроф типа приаральской, кара-богазской, азовской, волжско-каспийской и др.

Из закона внутреннего динамического равновесия вытекают очень важные для практики четыре основных следствия (Н. Ф. Реймерс, 1990):

1. Любое изменение среды (вещества, энергии, информации, динамических качеств экосистем) неизбежно приводит к развитию природных цепных реакций, идущих в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых природных систем, образование которых при значительных изменениях среды может принять необратимый характер.

Взаимодействие вещественно-энергетических экологических компонентов (энергия, газы, жидкости, субстраты, организмы — продуценты, консументы и редуценты), информации и динамических качеств природных систем **количественно нелинейно**, т. е. слабое воздействие или изменение одного из показателей может вызвать сильные отклонения в других (и во всей системе в целом).

К примеру, малое отклонение в составе газов атмосферы, ее загрязнение оксидами серы и азота вызывают огромные изменения в экосистемах суши и водной среды. Именно оно привело к возникновению кислотных осадков, а с ними к деградации и гибели лесов в Европе и Северной Америке, обезрыбливанию озер Скандинавии, нарушению циклов морских организмов, личиночные стадии которых проходят на мелководьях. Столь же абсолютно незначительное изменение концентрации углекислого газа ведет к возникновению парникового эффекта, а комплекс малых перемен формирует массовое размножение организмов.

3. Производимые в крупных экосистемах изменения относительно необратимы – проходя по их иерархии снизу вверх, от места воздействия до биосферы в целом они меняют глобальные процессы и тем самым переводят их на новый эволюционный уровень.

4. Любое местное преобразование природы вызывает в глобальной совокупности биосферы и в ее крупнейших подразделениях ответные реакции, приводящие к относительной неизменности эколого-экономического потенциала (**правило «Тришкина кафтана»**), увеличение которого возможно лишь путем значительного возрастания энергетических вложений. Искусственный рост эколого-экономического потенциала ограничен термодинамической (тепловой) устойчивостью природных систем.

Пока изменения среды слабы и произведены на относительно небольшой площади, они или ограничиваются конкретным местом, или «гаснут» в цепи иерархии экосистем. Но как только перемены достигают существенных значений для крупных экосистем, к примеру, происходят в масштабах больших речных бассейнов или в размерах, ограниченных правилом десяти процентов, они приводят к существенным сдвигам в этих обширных природных образованиях, а через них, согласно 2-му следствию закона Н. Ф. Реймерса, – и во всей биосфере.

Будучи относительно необратимыми (3-е следствие закона Н. Ф. Реймерса), изменения в природе в конечном итоге оказываются и трудно нейтрализуемыми и с социально-экономической точки зрения:

их выправление требует слишком больших материальных средств и физических усилий.

Иногда возникает даже ситуация «чем больше пустынь мы превратим в цветущие сады, тем больше цветущих садов мы превратим в пустыни». При этом в силу нелинейности процессов (следствие 2) опустынивание по темпам значительно опережает создание «цветущих садов» и теоретически не может не опережать, поскольку такое создание базируется на нарушении компонентного равновесия в экосистемах (Н. Ф. Реймерс, 1994).

Сдвигая динамически равновесное состояние природных систем с помощью значительных вложений энергии (например, путем распашки, осушения, ирригации и т. д.), люди нарушают соотношение экологических компонентов, достигая увеличения полезной продукции (урожая) или состояния среды, благоприятного для жизни и деятельности человека.

Если эти сдвиги «гаснут» в иерархии природных систем и не вызывают термодинамического разлада, положение благоприятно, или, во всяком случае, терпимо. Однако излишнее вложение энергии и возникающий в результате вещественно-энергетический разлад ведут к снижению природно-ресурсного потенциала вплоть до опустынивания территории, происходящего без компенсации: вместо цветущих садов возникают пустыни.

Прямым результатом действия закона внутреннего динамического равновесия является закон экологической корреляции: в экосистеме, как и в любом другом целостном природно-системном образовании с участием живого, все входящие в нее виды живого и абиотические экологические компоненты функционально соответствуют друг другу. Выпадение одного элемента системы, к примеру, исчезновение вида, неминуемо ведет к исключению всех тесно связанных с этим элементов системы других ее частей и функциональному изменению целого в рамках внутреннего динамического равновесия.

Действие закона экологической корреляции ведет к скачкообразным изменениям экологической устойчивости: при достижении порога изменения функциональной целостности происходит часто

неожиданный срыв – экосистема теряет свойство надежности. К примеру, многократное увеличение концентрации загрязняющего вещества может не приводить к заметным последствиям, но затем ничтожная его прибавка приведет к катастрофе. Загрязнитель воздействует на наименее устойчивые организмы и, меняя цепь природных реакций, вызывает срыв в экологической корреляции, и экосистема начинает разрушаться как бы изнутри, т. е. саморазрушаться при минимальном изменении силы внешнего фактора.

Следствием закона экологической корреляции является **правило оптимальной компонентной дополнительности**: никакая экосистема не может самостоятельно существовать при искусственно созданном значительном и продолжительном избытке или недостатке одного из экологических компонентов. Длительное изменение количества и качества одного из экологических компонентов ведет к замене одной экосистемы другой, при этом не всегда хозяйственно желательной.

Принцип экологической надежности: эффективность экосистемы, ее способность к самовосстановлению и саморегуляции, зависит от ее положения в иерархии природных образований, степени взаимодействия ее компонентов и элементов, а также от частных приспособлений организмов (размеры, скорость размножения, ...), составляющих биоту экосистемы.

Разнообразие, сложность и другие морфологические черты экосистемы имеют неодинаковое значение и подчинены степени ее эволюционной и сукцессионной зрелости. Если снижение разнообразия приводит к резкому нарушению «притертости» частей экосистемы, то упрощение системы чревато заметным снижением ее надежности.

Основные закономерности, автоматически осуществляющиеся в ходе нарушения видового разнообразия внутри экосистем (**принципы видового обеднения**):

– **консорционной целостности**: с исчезновением вида, образующего консорцию (от лат. consortium – соучастие, сообщество), исчезают и многие консорбенты, не входящие в другие консорции той же или другой территориально и функционально близкой экосистемы

(**принцип «никто не гибнет в одиночку»**);

– **биологического замещения**: вновь внедрившийся в экосистему вид всегда, вырабатывая свою экологическую нишу, сужает возможности менее конкурентоспособных видов и тем ведет к их исчезновению или лишь слегка видоизменяет экологические ниши функционально близких видов, создавая предпосылки для сокращения их численности или наоборот, массового размножения (**«принцип незваного гостя»**); при этом меняется все сообщество, включая даже как будто несвязанные с внедрившимся видом формы (в силу смещения общего экологического равновесия);

– **смены трофических цепей (сетей)**: исчезнувшая трофическая цепь (сеть) видов сменяется цепью (сетью) эколого-энергетических аналогов, что позволяет экосистеме усваивать и перерабатывать поступающую извне энергию. Данный принцип вытекает из правила экологического дублирования и кратко звучит: **«Экосистема не терпит пустоты»**;

– **неопределенности хозяйственного значения смены видов**: при замене трофических цепей (сетей) вновь проникающие в экосистему виды могут быть как желательными, так и нежелательными в хозяйственном и медицинском отношении (**принцип «старый друг лучше новых двух»**).

Принципы видового обеднения (замещения) имеют большое практическое значение для организации рационального природопользования.

При изучении экосистем необходимо помнить **закон неравномерности развития систем, или закон разновременности развития (изменения) подсистем в больших системах**: – системы одного уровня иерархии (как правило, подсистемы системы более высокого уровня иерархии) обычно развиваются не строго синхронно, в то время как одни из них достигли более высокого уровня развития, другие еще остаются в менее развитом состоянии.

К примеру, эволюционный уровень развития видов различен, экосистемы суши имеют разную эволюционную и историческую давность формирования, общественно-экономическое развитие народов и

государств в различных частях планеты неравномерно и т. д.

Значение данного закона для природопользования в том, что он «запрещает» абсолютное однообразие, пространственно создаваемое человеком, например, сплошная распашка, т. е. равномерное предельное сукцессионное омоложение экосистем на огромных площадях. В области управления производством закон «требует» неравномерного внимания к его различным сторонам, в том числе неравномерности капиталовложений для повышения эффективности хозяйства.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы:

– прикладное значение принципа экологической комплектарности;

– прикладное значение закона внутреннего динамического равновесия Н.Ф.Реймерса и вытекающих из него следствий;

– прикладное значение закона экологической корреляции;

– прикладное значение правила оптимальной компонентной дополнительности;

– прикладное значение принципов видового обеднения (замещения);

– прикладное значение закона неравномерности развития систем.

При подготовке к семинару используется учебник и другая учебная и научная литература. Особое внимание следует обратить на связь экосистемных законов с другими законами (закономерностями), изученными ранее.

Практическое занятие

Изучение закономерностей функционирования экосистем на примере реально существующих в регионе (в районе проживания) экосистем суши и водоемов.

Деловая игра

Учащиеся делятся на статистов и экологов. Задача статистов – собрать и обобщить данные по экологическому состоянию какого-либо из регионов, характеризующихся напряженной экологической обстановкой (лучше всего брать свой регион). К примеру, для Волжского речного бассейна требуются статистические данные по вырубанию

лесов и распашке территории, осушению и обводнению, изменению режима малых рек, строительству плотин, молевому сплаву, заболоченности и эродированности территории, сельскохозяйственному загрязнению, трансграничным переносам и другие компоненты антропогенного давления на экосистемы.

Задача экологов – опираясь на закономерности функционирования экосистем, выполнить анализ выявленных фактов и дать рекомендации по устранению произошедших нежелательных изменений экосистем.

2.8. Динамика экосистем

- Принцип сукцессионного замещения
- Закон системогенетический
- Закон последовательности прохождения фаз развития
- Закон сукцессионного замедления
- Принцип «нулевого максимума», или минимизации прироста в зрелой экосистеме
- Правило максимума энергии поддержания зрелой системы (правило Г. Одума и Р. Пинкертона)
- Правило увеличения замкнутости биогеохимического круговорота веществ в ходе сукцессии
- Правило сукцессионного мониторинга
- Закон эволюционно-экологической необратимости
- Закон перехода количественных изменений в качественные

Под динамикой экосистемы понимают изменение экосистемы под воздействием сил извне и внутренних противоречий ее развития: а) относительно обратимые или необратимые смены сообществ, вызванные различными, как правило, не строго циклическими (периодическими) факторами и идущие в течение очень длительных (многих веков) интервалов времени (**вековая динамика экосистемы**): б) одна из форм циклических (периодических) изменений в сообществе (суточных, сезонных, погодно-температурных, возобновительных и т. д.), связанных со сменой сезонов года (**сезонная**

динамика экосистемы); в) обратимые изменения экосистем, вызванные непостоянными внешними факторами, с постепенным возвратом к практически исходному состоянию (**суточные, сезонные, погодные и восстановительные типы динамик**).

Принцип сукцессионного (от лат. successio – преемственность) **замещения** – биологические сообщества формируют закономерный ряд экосистем, ведущий к наиболее устойчивой в данных условиях природной системе – **климаксовой** в чисто природных условиях или узловой при природно-антропогенном режиме.

Узловое сообщество – конечная фаза сукцессии в условиях антропогенной нарушенности природной среды до такой степени, что сообщество не может достигнуть в процессе развития климакса, но тем не менее развивается до равновесного в данной среде состояния.

Принцип сукцессионного замещения – следствие из **системогенетического закона**, но смены могут быть абсолютно оригинальными при заселении новых площадей, ранее не занятых жизнью (например, на безжизненных островах или на послеледниковом пространстве в результате потепления климата и таяния льдов). В этих случаях формируется специфический ряд экосистем, ведущий к формированию уникальных климаксов.

Закон системогенетический – многие природные системы (в том числе экосистемы) в индивидуальном развитии повторяют в сокращенной (и нередко в закономерно измененной и обобщенной) форме эволюционный путь развития своей системной структуры.

Системогенетический (систематический) закон обусловливает необходимость учета при управлении природными процессами закономерного прохождения ими определенных (в том числе промежуточных) фаз, исключение которых ведет к невозможности достижения желаемых целей.

К примеру, восстановление леса в тайге нередко происходит со сменой пород: сначала вырастают кустарники, затем лиственные деревья, затем хвойные **деревья-пионеры**, замещаемые основными лесообразователями (в горной Сибири: кустарники – береза,осина – сосна – кедр, пихта; в равнинной Сибири: кустарники – береза, осина – ель).

Если желательно ускорение процесса восстановления темнохвойных лесов (кедрово-пихтовых), предыдущие фазы, подготавливающие условия для их произрастания, не следует слишком резко искусственно укорачивать. Это приводит лишь к задержке в достижении цели.

Закон последовательности прохождения фаз развития: фазы развития природной системы могут следовать лишь в эволюционно закрепленном (исторически, экологически обусловленном) порядке, обычно от относительно простого к сложному, как правило, без выпадения промежуточных этапов (но, возможно, с очень быстрым их прохождением или эволюционно закрепленным отсутствием). К примеру, метаморфоз (от греч. metamorphosis – превращение) насекомых с полным превращением может идти лишь в направлении яйцо – личинка – куколка – имаго (от лат. imago – образ, вид) без выпадения или смен последовательности любой из фаз.

Закон последовательности прохождения фаз развития нередко игнорируют, например, пытаясь вырастить хвойные лесные культуры там, где, согласно природному алгоритму смены пород, им должны предшествовать в сукцессионном процессе другие виды древесных растений. Иногда такие культуры удается вырастить, но они либо заболевают, либо оказываются столь нежизнестойкими, что погибают от малейших отклонений в среде жизни.

Как общесистемный данный закон приложим и к социально-экономическому развитию. В области природопользования он указывает на то, что **нельзя «обходить» его этапы развития**. К примеру, бессмысленно бороться с развитием автомобилизации или рекреации, вообще с общественно обусловленными формами природопользования. Их в случае необходимости можно и нужно «смягчать» по негативному воздействию на природу (а через нее и на человека), но развивать приходится обязательно.

Когда экосистема приближается к состоянию климакса, в ней, как и во всех равновесных системах, происходит замедление всех процессов развития. Данная закономерность получила название **закона сукцессионного замедления**: процессы, идущие в зрелых

равновесных системах, находящихся в устойчивом состоянии, как правило, проявляют тенденции к замедлению. При этом восстановительный тип сукцессии меняется на вековой их ход, т. е. саморазвитие идет в пределах климакса или узлового сообщества.

Отсюда бесперспективность попыток «торопить» природу при хозяйственных мероприятиях без выведения ее систем из равновесного состояния или создания других особых условий для проведения хозяйственных акций.

Н. Ф. Реймерс пишет (1990), что **акклиматизация** нового вида дает эффект на начальной фазе, особенно при благоприятном для вида антропогенном изменении природы. Но затем **популяционный взрыв** угасает, происходит саморегуляция на уровне экосистемы, и, если вид не становится массовым вредителем (к примеру, енотовидная собака в Тверской и других областях), то его хозяйственное значение резко снижается. Любой заселяемый для «обогащения» экосистемы вид первоначально нередко дает увеличение продукции, но затем прирост сокращается, и продукция стабилизируется на некотором уровне.

При осуществлении **жестких природопользовательских акций**, когда природные системы выводятся из равновесия, а затем стремятся к нему, следует учитывать постепенное падение биологической продуктивности и хозяйственной производительности угодий в ходе формирования нового равновесия. Это особенно актуально в тех случаях, когда устанавливается равновесие, нежелательное для экономики.

К примеру, устойчивым состоянием могла оказаться максимальная **засоленность почв** при их орошении. Вместе с тем дальнейшее осолонение почв сверх какого-то масштаба будет идти медленнее, чем на первых этапах, если не привносится **дополнительная** для данной экосистемы вода.

В связи с этим **идея межбассейновой переброски вод рек** Сибири в Казахстан и Среднюю Азию и северных рек на юг засушливой европейской территории РФ для целей орошения **теоретически не только бесперспективна, но ее осуществление может вызвать переход к устойчивому состоянию засоления на значительно больших площадях, чем при имеющихся водных ресурсах.**

Экономический ущерб при этом достигнет неоправданно больших размеров.

В соответствии с принципом «нулевого максимума» или минимизации прироста в зрелой экосистеме (Ю. Одум, 1975): экосистема в сукцессионном развитии стремится к образованию наибольшей биомассы при наименьшей биологической продуктивности.

Данная закономерность вытекает из **правила Г. Одума и Р. Пинкертона**, **или правила максимума энергии поддержания зрелой системы**: сукцессия идет в направлении фундаментального сдвига потока энергии в сторону увеличения ее количества, направленного на поддержание системы.

В ходе сукцессии происходит увеличение замкнутости биогеохимического круговорота вещества. Примерно за 10 лет с момента начала восстановления растительного покрова разомкнутость круговоротов уменьшается со 100 до 10 %, а далее она еще больше снижается, в климаксовой фазе достигая минимума. Данная закономерность известна как **правило увеличения замкнутости биогеохимического круговорота веществ в ходе сукцессии**. Это правило нередко нарушается антропогенной трансформацией растительности и вообще естественных экосистем, что ведет к длинному ряду аномалий в биосфере и ее подразделениях.

Чем глубже нарушенность среды какого-то пространства, тем на более ранних фазах оканчивается сукцессия. Данная закономерность сформулирована в виде правила сукцессионного мониторинга, или степени завершенности сукцессии. Оно имеет вполне практическое значение, особенно при картографировании экологического состояния территорий и акваторий, т. к. на степени завершенности сукцессионного ряда отражается интегральная характеристика качеств среды данной территории и суммарная напряженность антропогенного воздействия.

Закон эволюционно-экологической необратимости гласит: экосистема, потерявшая часть своих элементов или сменившаяся другой в результате дисбаланса экологических компонентов, не может вер-

нуться к первоначальному своему состоянию в ходе сукцессии, если в ходе изменений произошли эволюционные перемены в экологических элементах (сохранившихся или временно утерянных) или один либо группа видов исчезла навсегда или на долгий срок.

Если какие-то виды утеряны в промежуточных фазах сукцессии, то эта потеря может быть функционально скомпенсирована, но лишь частично. При снижении разнообразия за критический уровень ход сукцессии искажается и фактически климакс, идентичный прошлому, достигнут быть не может.

Закон эволюционно-экологической необратимости подчеркивает фактическую направленность эволюции не только на уровне биосистем, но и на всех иных иерархических уровнях сложения биоты. Он важен для оценки характера восстановленных экосистем. При потере элементов это, по сути дела, совершенно экологически новые природные образования с вновь образовавшимися закономерностями и связями. К примеру, перенос давно выбывшего из состава экосистемы вида в ходе его **реакклиматизации – отнюдь не механическое его возвращение. Фактически это внедрение нового вида в обновленную экосистему**.

Накопление антропогенных негативных изменений в экосистемах (загрязнение почвы и воды тяжелыми металлами и ядохимикатами, накопление в атмосфере парниковых и других техногенных газов, изменение биоразнообразия, истощение почвенного слоя и т.д.) приводит к их изменению, а при превышении критических значений – к их деградации и гибели (**закон перехода количественных изменений в качественные**).

2.9. Общие закономерности организации и эволюции биосферы

- Закон биогенной миграции атомов (В. И. Вернадский)
- Биогеохимические принципы (В. И. Вернадский)
- Закон максимума биогенной энергии (В. И. Вернадский - Э. С. Бауэр)
- Закон максимизации энергии (Г. и Э. Одумы)
- Закон максимизации энергии и информации (Н. Ф. Реймерс)
- Законы экодинамики (Ю. Голдсмит)
- Правило автоматического поддержания глобальной среды обитания
- Закон упорядоченности заполнения пространства и пространственно - вре менной определенности
- Принцип системной дополнительности

Биосфера самая крупная (глобальная) экосистема Земли – область системного взаимодействия живого и косного вещества на планете. В ней организмы (живое вещество) и среда их обитания органически связаны и взаимодействуют друг с другом, образуя целостную динамическую систему. Биосфера – это открытая, нелинейная и самоорганизующаяся система. Поэтому к ней применимы все законы синергетики (см. §1.3.).

Одними из важнейших закономерностей биосферы являются рассмотренные ранее (§1.1.) общие законы физико-химического единства живого вещества и постоянства количества живого вещества на протяжении всей истории земной жизни, открытые В. И. Вернадским.

Очень важное теоретическое и практическое значение имеет третий закон В. И. Вернадского – **закон биогенной миграции атомов**: миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется или при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция), или же она протекает в среде, геохимические особенности которой (O_2, CO_2, H_2 и т. д.) обусловлены живым веществом как тем, которое в настоящее время населяет биосферу, так и тем, которое действовало на Земле в течение всей геологической истории.

Так как люди в широких масштабах воздействуют на биосферу и ее живое вещество, то они тем самым изменяют условия биогенной миграции атомов, создавая предпосылки для еще более глубоких

химических перемен в исторической перспективе. Процесс может стать неуправляемым и привести к гибельным для всего живого переменам в биосфере. Отсюда одна из самых насущных задач человечества – сохранение живого покрова Земли в относительно неизмененном состоянии.

Закон биогенной миграции атомов дает в руки людей ключи для сознательного и активного предотвращения нежелательных биохимических процессов на планете и управления ими в регионах. Прежде всего он определяет необходимость учета воздействий на биоту при любых проектах преобразования природы. Там, где ранее были сделаны ошибки и среда жизни деградировала, на его основе возможно активное и постепенное выправление сложившейся неблагополучной экологической ситуации.

В. И. Вернадский сформулировал два биогеохимических принципа организации биосферы в целом. Наиболее распространенные формулировки первого принципа:

а) геохимическая энергия живого вещества в биосфере (включая человека как высшее наделенное разумом вещество) стремится к максимальному проявлению;

б) биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к своему максимальному проявлению.

Наиболее распространенные формулировки второго **биогеохимического принципа**:

а) в ходе эволюции видов живых организмов выживают организмы, которые своей жизнедеятельностью максимально увеличивают биогенную геохимическую энергию;

б) эволюция видов в ходе геологического времени происходит в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов в биосфере.

Данные два принципа биогенной миграции атомов В. И. Вернадского увязываются с особым энергетическим характером проявления живого вещества в биосфере. Именно потоки энергии в биосфере есть основной интегрирующий фактор адаптации живого вещества к земным условиям.

На основе биогеохимических принципов В. И. Вернадского сформулирован **закон максимума биогенной энергии (В. И. Вернадский – Э. С. Бауэр)**: любая биологическая и «биокосная» система (система с участием живого), находясь в состоянии «устойчивой неравновесности», т. е. динамического подвижного равновесия с окружающей ее средой, и эволюционно развиваясь, увеличивает свое воздействие на среду.

Закон максимума биогенной энергии служит частным случаем более общего для биосферы в целом **закона максимизации энергии (Г. и Э. Одумы)**: в соперничестве с другими системами выживает (сохраняется) та из них, которая наилучшим образом способствует поступлению энергии и использует максимальное ее количество наиболее эффективным способом. С этой целью, по мнению Г. и Э. Одумов, система:

1) создает накопители (хранилища) высококачественной энергии;

2) затрачивает определенное количество накопленной энергии на обеспечение поступления новой энергии;

3) обеспечивает кругооборот различных веществ;

4) создает механизмы регулирования, поддерживающие устойчивость системы и ее способность приспособления к изменяющимся условиям;

5) налаживает с другими системами обмен, необходимый для обеспечения потребности в энергии специальных видов.

Закон максимизации энергии справедлив и в отношении информации, поэтому его можно рассматривать как **закон максимизации энергии и информации (Н. Ф. Реймерс)**: наилучшими шансами на самосохранение обладает система, в наибольшей степени способствующая поступлению, выработке и эффективному использованию энергии и информации. Максимальное поступление вещества как такового не гарантирует успеха системе в конкурентной группе других аналогичных систем.

Развитие биосферы связано с ее усложнением, что выражается в:

– увеличении разнообразия живых существ;

– возрастании организованности живого;

– расширении сферы распространения живого.

Основная идея биогеохимической концепции биосферы – признание эволюции биологических видов в органическом единстве с геохимическими и геологическими факторами. Их взаимосвязь проявляется в биогенной миграции атомов в биосфере.

Помимо общесистемного закона физико-химического единства живого вещества, в биосфере и ее подсистемах наблюдается постоянное сохранение информационной и соматической (от греч. soma – тело) структуры, хотя она и несколько меняется с ходом эволюции. Данная закономерность обобщена в **четырех законах экодинамики Ю. Голдсмита**:

1. Первый закон экодинамики – **закон сохранения структуры биосферы** (информационной и соматической);

2. Второй закон экодинамики – **закон стремления к климаксу**, отражающий стремление биосферы для сохранения своей структуры к достижению состояния зрелости, или экологического равновесия;

3. Третий закон экодинамики – **принцип экологического порядка, или экологического мутуализма** (от лат. mutuus – взаимный), подчеркивающий подчиненность сложения (переплетения) различных по пространственно-временному генезису (от греч. genesis – происхождение, возникновение) элементов во всей экологической иерархии биосферы принципам экологической комплектарности (дополнительности), экологической конгруэнтности (соответствия) и другим закономерностям, изложенным в §§ 2.6., 2.7.;

4. Четвертый закон экодинамики – **закон самоконтроля и саморегуляции живого**: живые системы и системы под управляющим воздействием живого способны к самоконтролю и саморегулированию в процессе их адаптации к изменениям в окружающей среде.

В соответствии с **правилом автоматического поддержания глобальной среды обитания** живое вещество в ходе саморегуляции и взаимодействия с абиотическими факторами автодинамически поддерживает среду жизни, пригодную для ее развития.

В биосфере данный самоконтроль и саморегуляция происходят в ходе каскадных и цепных процессов общего взаимодействия, явлений

иногда отнюдь не «гуманных» с позиций человеческой морали – в ходе борьбы за существование, естественного отбора, адаптации систем и подсистем, широкой коэволюции и т. д. Однако эти процессы ведут к положительным «с точки зрения природы» результатам – сохранению и развитию экосистем биосферы и ее как единого организма.

Законы Ю. Голдсмита имеют фундаментальное и прикладное значение. Системный мутуализм, т. е. взаимопомощь в рамках экологического порядка (третий закон эко динамики Ю. Голдсмита), подчеркивается **законом упорядоченности заполнения пространства и пространственно-временной определенности**. Из данного закона следует невозможность длительного существования «ненужных» природе случайностей, в том числе и чуждых ей созданий человека. Динамическим вариантом закона упорядоченности заполнения пространства и пространственно-временной определенности является **принцип системной дополнительности**: подсистемы одной природной системы (в нашем случае биосферы) в своем развитии обеспечивают предпосылку для успешного развития и саморегуляции других подсистем, входящих в ту же систему (если она не подвергается мощной внешней деформации).

Принцип системной дополнительности справедлив и для человеческого общества – человечество будет развиваться успешнее, если мировое сотрудничество расширится, а вражда угаснет. Данный принцип стал необходимым условием жизни человечества с момента превращения его в единое целое, во всеобщую «геологическую силу», по В. И. Вернадскому, со все возрастающей мощью воздействующей на биосферу. Либо будет соблюдаться принцип системной дополнительности в связи человек – природа, либо экологический кризис будет углубляться, и произойдет катастрофа.

Большое прикладное значение имеет четвертый закон экодинамики, который Ю. Голдсмит справедливо интерпретирует к жизни общества. По его словам, человечеству не мешало бы начать собственную саморегуляцию и перейти к самоконтролю вместо того, чтобы с нарастающей интенсивностью преобразовывать природу.

В. И. Вернадский подчеркивал (1977): «История научной мысли... есть...история создания в биосфере **новой геологической силы** — **научной мысли**... Это история проявления нового геологического фактора, **нового выражения организованности биосферы**, сложившейся стихийно, как природное явление, в последние несколько десятков тысяч лет. Она **не случайна**, как всякое природное явление, **она закономерна**, как закономерен в ходе времени палеонтологический процесс, создавший мозг Homo sapiens и ... социальную среду...» И далее он добавляет: «Биосфера XX столетия превращается в **ноосферу**, создаваемую прежде всего ростом науки, научного понимания и основанного на ней социального труда человека».

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы:

– прикладное значение закона биогенной миграции атомов В. И. Вернадского;

– прикладное значение биогеохимических принципов В. И. Вернадского и закона максимума биогенной энергии;

– прикладное значение закона максимизации энергии и закона максимизации энергии и информации;

– прикладное значение экодинамических законов Ю. Голдсмита;

– прикладное значение правила автоматического поддержания глобальнойсреды обитания;

– прикладное значение принципа системной дополнительности.

При подготовке к семинару используется учебник и другие учебная и научная литература. Главная цель – показать необходимость и возможности применения общих закономерностей организации и эволюции биосферы в природопользовательской и природоохранной деятельности человека.

Практические занятия

Составление таблицы практического использования общих закономерностей организации и эволюции биосферы.

Деловая игра

Учащиеся делятся на количество групп, соответствующих числу общих закономерностей организации и эволюции биосферы. Ведущий (преподаватель или специальная группа управленцев из учащихся) выдвигает какой-либо крупный проект, который может повлиять на равновесие в биосфере (переброска вод северных рек на юг, вырубка тропических лесов, вырубка тайги, перекрытие (закрытие) Гибралтарского пролива, орошение Сахары и т. д.).

Задача участников игры – подвергнуть критике выдвигаемый проект с позиции закономерности организации и эволюции биосферы, которую он защищает (которая досталась ему или его группе).

ГЛАВА 3

ЗАКОНЫ СИСТЕМЫ

ЧЕЛОВЕК – ОБЩЕСТВО – ПРИРОДА

3.1. История взаимоотношений в системе человек – общество – природа

- *Закон (принцип) увеличения степени идеальности (Г. Б. Лейбниц), или «эффект чеширского кота» (Л. Кэрролл)*
- *Правило ускорения исторического развития*
- *Правило исторического роста продукции за счет сукцессионного омоложения экосистем*
- *Закон необратимости взаимодействия человек – биосфера*
- *Правило меры преобразования природных систем*
- *Принцип естественности, или правило старого автомобиля*
- *Закон убывающей отдачи (А. Тюрго – Т. Мальтус)*

История взаимоотношений в системе человек – общество – природа подчинена **закону (принципу) увеличения степени идеальности (Г. Б. Лейбниц), или «эффекту «чеширского кота (Л. Кэрролл)**: гармоничность отношений между частями системы историко-эволюционно возрастает (система может сохранять функции при минимизации размеров — кот, тая с хвоста, уже исчез, а его улыбка еще видна).

Это общесистемный принцип, указывающий на то, что человечество превращаясь в глобальную геологическую силу, неминуемо должно консолидировать свои силы, перейти от конфронтации к сотрудничеству, что дает переход от экстенсивного развития и интенсивному росту качества. В технике данный принцип обусловливает тенденцию к миниатюризации габаритов устройств с сохранением и развитием их функциональной значимости.

Примером из природы является генетический код, который составлен всего четырьмя элементами, дающими практически неисчерпаемое разнообразие.

Правило ускорения исторического развития – чем стремительнее под воздействием антропогенного фактора изменяется среда обитания человека и условия ведения им хозяйства, тем скорее, по принципу обратной связи, происходит перемена в социально-экологических свойствах человека, экономическом и техническом развитии общества, при этом знак процесса может быть положительным и отрицательным.

Слишком большая скорость развития может приводить к необходимости временного «нулевого» роста, поскольку она нарушает закон соответствия между уровнем развития производительных сил и природно-ресурсным потенциалом.

Поскольку производительные силы обществ опосредуют связь между природой и обществом (при этом человек входит как в первую, так и во вторую), а антропогенные воздействия служат фактором в действии **закона ускорения эволюции** и быстро меняют среду развития самого общества, трехчленная система «природа – производительные силы – производственные отношения» развиваются с тенденцией к самоускорению процессов.

К примеру, длительность каждой последующей общественно-экономической формации короче предыдущей. Но это ускорение не может охватывать изолированно одно лишь общество. Оно характерно для всей биосферы в целом.

Исторически затраты энергии для получения пищи и необходимого качества жизни постоянно увеличивались. Биологически человек уже на предысторической фазе развития отличался от всех других млекопитающих образом жизни и способами добывания пищи, т. к. использовал различные подручные и специально изготовленные орудия труда, а около 2 млн. лет назад научился строить жилье и использовать огонь для приготовления пищи, обогрева и защиты от хищников. Но его энергетические затраты оставались еще очень низкими.

Переход к пастбищно-кочевому скотоводству и подсечно-огневому

земледелию привел к удвоению энергозатрат. Э то позволило снизить сезонную миграцию человека, что, в свою очередь, создало предпосылки для формирования общества со свойственным ему разделением функций, культурной специализацией и изменило механизмы воздействия на природу.

Уже на фазе примитивного охотничьего промысла выработались приемы выжигания угодий для более быстрого роста трав и привлечения животных на эти «обновленные» угодья. В связи с постепенным развитием скотоводства и земледелия сукцессионно зрелые экосистемы, изначально бывшие основой для собирательства и охоты, постепенно исчезали и сменялись производственными ценозами, которые продуктивнее климаксовых, но имеют совершенно иные экологические характеристики и требуют больших энергетических затрат.

Смена присваивающего хозяйства производящим хозяйством привела к тому, что уже на протяжении 10 тыс. лет человечество пользуется результатами действия **правила исторического роста продукции за счет сукцессионного омоложения экосистем**.

Современным историческим финалом является переход на эксплуатацию предельно омоложенных экосистем и даже от естественного к искусственному плодородию. Таким образом экосистемные методы допинга с помощью сукцессионного омоложения были исчерпаны. Агросистемы теряют свойство стабильности и устойчивости, то же происходит с домашними животными и культурными растениями.

Это привело к резкому скачку энергозатрат, увеличившихся в 5–50 (в среднем около 20) раз. Рост биологической продуктивности за счет омоложения природных систем закончился. Дальнейшее увеличение энергозатрат в земледелии ведет к разрушению природных структур. Это делает очевидным вывод о необходимости перехода к закрытым системам земледелия, его индустриализации и значительному сокращению размеров эксплуатируемых территорий. Это дает не только прибавку в урожае, но и приведет к постепенному восстановлению разрушенных природных экосистем.

Но восстановление природных экосистем не всегда возможно.

П. Дансеро сформулировал **закон необратимости взаимодействия человек – биосфера**: возобновимые природные ресурсы делаются невозобновимыми в случае глубокого изменения среды, значительной переэксплуатации, доходящей до поголовного уничтожения или крайнего истощения, а потому превышения возможностей их восстановления. Именно такая фаза развития системы взаимоотношений человек – общество – природа в наши дни. Современная техногенная цивилизация и культура не обеспечивают стабильных условий существования на Земле ни жизни, ни человека как ее части.

Человечество до настоящего времени не создало механизма, который бы позволил ему «вписаться» в природу, а наоборот, сделало все, чтобы «подняться» над нею, «победить» ее. Как образно пишет Н. Ф. Реймерс (1994): «Став великаном, человек увидел, что это гибельно для него если не сейчас, то в уже видимой перспективе. И если люди экологически не поумнеют, они обречены. Глубоко пессимистичный, но необходимый вывод. Одновременно он и оптимистичен, ибо перспектива все же есть».

Нормы экологической безопасности сформулированы в виде **правила меры преобразования природных систем**: в ходе эксплуатации природных систем нельзя переходить некоторые пределы, позволяющие этим системам сохранять свойства самоподдерживания (самореорганизации и саморегуляции) и обычно ограниченные заметным изменением систем трех сопряженных уровней иерархии.

Поскольку это свойство и саморегуляция природных систем поддерживаются двумя механизмами – соотношением экологических компонентов внутри системы и взаимодействием пространственно выраженных подсистем, систем того же уровня и надсистем в их иерархии, то правило меры преобразования природных систем справедливо для обоих данных механизмов.

Надсистема более высокого уровня иерархии может поддержать некоторые подсистемы разрушенной системы низшего уровня, но не восстанавливать их. К примеру, черноземы, возникающие в результате зонального биогеоценотического процесса в лугостепях и лесостепях с их распашкой, зонально поддерживаются, но постепенно

деградируют, сохраняя при этом тенденцию к восстановлению лишь при создании естественных условий их образования.

Из **правила меры преобразования природных систем** следует ряд очень важных выводов:

1. Несоответствие «целей» естественно-системной регуляции в природе и целей хозяйства может приводить к деструкции природного образования, т. к. силы природы и хозяйственных преобразований при большой величине последних в ходе противоборства сначала «гасят друг друга», а затем природная составляющая начинает разрушаться.

2. Хозяйственное воздействие затрагивает не только ту систему, на которую оно направлено, но и на ее подсистемы, которые согласно принципу Ле Шателье – Брауна, «стремятся» сглаживать (выравнивать) производимые изменения. В связи с этим расходы на преобразование природы никогда не ограничиваются лишь затратами на непосредственно планируемые воздействия.

3. Природные цепные реакции никогда не ограничиваются изменением вещества и энергии, но затрагивают динамические качества систем природы.

4. Единица (возобновимого) ресурса может быть получена лишь в некоторый, определяемый скоростью функционирования системы (и их иерархии), отрезок времени. В течение этого отрезка нельзя переходить рубежи ограничений, диктуемых законами экологии.

5. Технические воздействия имеют тенденцию превращаться в перманентные и все более усиливающиеся, вплоть до полной замены саморегуляции природных систем техногенным регулированием, что в конечном итоге экономически разорительно.

6. Технические системы воздействия в конечном итоге (в длительном интервале времени) всегда менее хозяйственно эффективны, чем направляемые естественные, т. к. действует **принцип естественности,** или **правило старого автомобиля**: со временем эколого-социально-экономическая эффективность технических устройств, обеспечивающих «жесткое» управление природными системами и процессами, снижается, а экономические (материальные, трудовые, финансовые) расходы на их поддержание возрастают.

Дряхлеющие технические устройства в конечном счете становятся нерентабельными и их необходимо заменять. В то же самое время самовозобновляющиеся и саморазвивающиеся природные системы представляют из себя «вечный» двигатель, не требующий экономических вложений до тех пор, пока степень давления на них не превышает их возможностей к восстановлению.

С правилом старого автомобиля тесно связан **закон убывающей отдачи А. Тюрго – Т. Мальтуса**: повышение удельного вложения энергии в агросистему не дает адекватного пропорционального увеличения ее продуктивности (урожайности).

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы:

– функциональное и прикладное значение закона увеличения степени идеальности;

– функциональное значение для современного этапа развития системы человек – общество – природа правила ускорения исторического развития и вытекающие из него возможные варианты развития будущего общества;

– прикладное значение правила исторического роста продукции за счет сукцессионного омоложения экосистем;

– возможные сценарии будущего развития биосферы, исходя из закона необратимости взаимодействия человек – биосфера, при условии, что ныне существующая тенденция подобного взаимодействия не изменится;

– фундаментальное и прикладное значение правила меры преобразования природных систем;

– прикладное значение правила старого автомобиля;

– прикладное значение закона убывающей отдачи.

Практические занятия

Обобщение основных результатов семинара по обсуждению основных исторических закономерностей взаимоотношений в системе человек – общество – природа и оформление результатов в виде таблиц и схем.

Деловая игра

Учащиеся делятся на историков и экологов. Историки вспоминают различные исторические события, связанные с гибелью государств и цивилизаций или с миграцией народов и дают им историческое объяснение. Задача экологов определить значение экологических факторов в развитии данных событий. И историки, и экологи к игре готовятся заранее, совместно намечая те исторические события, которые будут затронуты во время игры.

3.2. Законы социальной экологии

- *Правило социально-экологического равновесия*
- *Принцип культурного управления развитием*
- *Правило социально-экологического замещения*
- *Закон исторической (социально-экологической) необратимости*
- *Закон неизбежности создания общечеловеческой экологической культуры*
- *Принцип «думать глобально, действовать локально»*

Эпоха «независимого» от природы экстенсивно-экспансивного развития человечества окончилась. Это вытекает из **правила социально-экологического равновесия**: общество развивается до тех пор и постольку, поскольку сохраняет равновесие между своим давлением на среду и восстановлением этой среды – природно-естественным и искусственным. Так как внешние условия исторического развития – среда жизни людей и функционирование их хозяйства – разрушены или заметно нарушены, то воспроизводство природных ресурсов и поддержание социально-экологического равновесия требуют значительных материальных, трудовых и финансовых ресурсов. Поэтому прежний экстенсивно-экспансивный механизм хозяйствования становится не пригодным, и требуется разработка новых механизмов, к примеру, переход к закрытым системам земледелия, его индустриализации.

Этап экстенсивного процесса общества имел основания в виде широчайшего расселения людей – максимального стремления человечества к «покорению» природы, увеличению ее продуктивности путем сукцессионного омоложения, возрастания энергопроизводства, роста численности трудоспособного населения и быстрого оборота товаров. Единственным критерием развития была экономическая прибыль, обогащение, комфорт жизни.

Антропогенная экспансия (от лат. expansio – распространение) – любые прямые и косвенные воздействия человека на природу. Она привела к деградации экосистем. Максимальная нарушенность природной среды и связанное с ней максимальное истощение природных ресурсов произошли в наиболее сельскохозяйственно и промышленно развитых странах. Поэтому они начали осуществлять **ресурсную экспансию** – усиленное извлечение дефицитных природных ресурсов другой страны при сохранении их на территории собственного государства (группы государств).

Ресурсная экспансия представляет собой агрессивную форму экополитики. Ее экономической подоплекой служит явление временного издорожания природных ресурсов в рамках однородного способа производства, в особенности в периоды его кризиса.

Наряду с ресурсной экспансией происходит **экспансия экологическая** – форма экополитики, выражающаяся в переводе заведомо экологически вредных производств с территории промышленно развитой страны в другую, обычно менее развитую.

Современный этап социально-экономического развития характеризуется наложением жестких лимитов на любую экспансию. В соответствии с **принципом культурного управления развитием**, сформулированным ученым В. Г. Горшковым, социально-экономическое развитие должно быть направлено на поддержание равновесия между развивающимся обществом и средой его развития. Само экономическое развитие может быть успешным лишь в рамках экологических (прежде всего потребительских) ограничений. Если они не соблюдаются, то дальнейшие расходы на восстановление и искусственное воспроизводство природы делаются непосильными для

человечества. Оно не может восстановить загубленный природно-ресурсный потенциал. Борьба за сохранившиеся природные ресурсы может явиться и нередко является истинной причиной локальных, региональных и межрегиональных военных конфликтов и военных вмешательств во внутренние дела других стран.

Таким образом, конкурентные отношения обществ на фоне меняющейся среды их обитания трансформируют социальные процессы, ведущие к политико-экономической эволюции и самих обществ.

Остроту экологической ситуации можно смягчить, используя правило социально-экологического замещения: потребности человека в некоторых жизненных благах могут быть до определенной степени замещены более полным удовлетворением других, обычно функционально близких потребностей.

В экологии человека правило социально-экологического замещения, к сожалению, учитывается очень редко. А ведь это один из наиболее реальных путей уменьшения давления на природу. К примеру, без всякого ущерба для здоровья человека можно заменить «мясной» рацион на «растительный» с сохранением в рационе минимума продуктов животного происхождения, необходимых для нормального функционирования организма. Учитывая закон пирамиды энергии английского ученого Р. Линдемана о переходе на более высокий трофический уровень в среднем не более 10 % энергии, это привело бы к значительному сокращению сельскохозяйственных угодий – сенокосов, пастбищ, посевов зерновых и овощей, идущих на корм скоту, что благотворно сказалось бы на природе.

Пройдя какую-то фазу взаимодействия с природой, общество, как правило, не может вернуться на предыдущую ступень, если не произойдут какие-то катастрофические социально-экологические явления, ведущие к общественной деградации. Но и такая деградация не есть возврат к историческому прошлому. Скорее, это угасание собственной культуры.

Классический в своей законченности пример одичания дал известный всем своими гигантскими каменными изваяниями остров Пасхи, где после высокой и весьма изысканной культуры создателей

изваяний наступил период одичания, который сопровождался не просто упадком культуры, а крайними проявлениями дикости, в том числе людоедством, и не ритуальным, а самым грубым – ради пищи. И причина подобного одичания была социально-экологическая: увеличение численности населения и деградация природы и, как следствие, голод, кровавые стычки из-за пищи, затем каннибализм – поедание пленных и война с целью захвата пленных как источника пищи.

Но кроме подобных катастрофических случаев справедлив закон исторической (социально-экологической) необратимости: процесс развития человечества как целого не может идти от более поздних фаз к начальным, т. е. общественно-экономические формации, определенным образом взаимодействующие с природной средой и естественными ресурсами, не могут сменяться в обратном порядке.

Отдельные элементы социальных отношений (например, рабство) в истории повторялись, возможно повторение и уклада хозяйства (например, возвращение от оседлого к кочевому хозяйству), но общий процесс развития однонаправлен.

Каждая общественно – экономическая формация характеризуется определенным типом культуры, который меняется с переходом от одной формации к другой; при этом наследуется все ценное в культуре прошлого.

Экологическая культура – этап и составная часть развития современной общемировой культуры, характеризуемые всеобщим осознанием насущной важности экологических проблем в жизни и будущем развитии человечества. Без подобного осознания человечество не избежит глобальной экологической катастрофы. Из этого вытекает **закон неизбежности сознания общечеловеческой культуры**. Создание общечеловеческой экологической культуры жизненно необходимо. Оно определяет существование современного человечества и основывается на стремлении сохранить жизнь на Земле и среду обитания человека. Сейчас человечество находится на начальном этапе формирования целостной экологической культуры общества.

Становление экологической культуры носит в большей мере созидательный характер. Оно зарождается в сознании отдельных людей,

закрепляется в формах общественного сознания и превращается в действительный социальный мотив в сфере материального производства, когда роль сознательного, социального возрастает до уровня управления процессами взаимодействия природы и общества.

Важный момент происходящей в обществе экологизации – осознание человечеством планеты как единого «механизма», биосферы как закономерной организованности. Это понимание позволяет искать и находить верные пути управления биосферой, выяснять закономерности ее функционирования, определять ее организации.

Выработка экологического сознания и изменение на его основе стиля мышления и ценностной ориентации, сложившихся ранее, – одна из важнейших задач современности.

Экологическое мировоззрение – глубокое осознание жизненной необходимости сохранения общей для всего человечества среды жизни, основанное на экологических знаниях и исторически накопленном экологическом опыте, на понимании того, что ответственность за состояние природной среды и судьбу человечества несут не только органы власти, но и каждый человек в отдельности.

Становление экологической культуры – процесс сложный. Он протекает под воздействием многих факторов, отражает объективные и субъективные трудности развития общества. Экологическая культура – явление планетарное. Гонка вооружений, международная и социальная напряженность не могут не сказываться на темпах развития экологической культуры.

В государственной политике многих стран мира все настоятельнее отражается необходимость перестройки экономики, науки и культуры с учетом последствий влияния человека на природу, ставятся задачи «усилить охрану природы», обеспечить рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов.

Экологизация общественной жизни проявляется и в выделении нового направления в системе воспитания – экологического. Цель такого воспитания – формирование экологической культуры субъекта посредством экологического образования и организации его деятельности с учетом экологической целесообразности.

Основные свойства экологической культуры заключается в том, что она:

– настраивает человека и общество на гармонию мира, дает целостную перспективу развития единой системы социоприродных связей;

– определяет нормы отношений общества и природы;

– находит свое отражение в общественном сознании и общественной психологии, в конкретных формах жизнедеятельности и образе жизни людей;

– является механизмом превращения экологических знаний и утверждений норм деятельности.

Экологическая культура выполняет адаптивную функцию, т.к. направлена на социальную систему с целью регуляции в ней с учетом экологической необходимости и целесообразности. Экологическая культура характеризует меру свободы социального объекта в процессе освоения природы и поддержания ее целостности. Часто люди не способны или не желают установить механизмы самоконтроля, которые помогли бы регулировать антропогенное воздействие на окружающую среду и предотвращать или решать конфликты между нациями, религиями, социальными и этническими группами и политическими системами. Наиважнейшим в этике человека следует признать господство разума над образом мыслей человека. Оно состоит в соизмерении желаний и потребностей человека с возможностями природы и материальным и духовным благом других людей.

Но если социально-экономический процесс однонаправлен, как вся эволюция биосферы, то в какую сторону? В общем виде на этот вопрос отвечает закон ноосферы В. И. Вернадского (1944): биосфера неизбежно превратится в ноосферу, т. е. в сферу, где разум человека будет играть доминирующую роль в развитии системы человек — общество — природа.

Закон ноосферы подчеркивает, что хаотическое социально-экологическое саморазвитие, основанное на процессах естественной саморегуляции, будет заменен разумной стратегией, базирующейся на прогнозно-плановых началах, регулирова-нии процессов естествен-

ного развития.

Ноосфера – это далекая мечта, к осуществлению которой должно стремиться человечество. Закон ноосферы в настоящее время точен в том смысле, что если человечество не начнет разумно регулировать свою численность и давление на природу, сообразуясь с ее законами, биосфера в измененном виде может сохраниться, но современная цивилизация, а не исключено и вид Homo sapiens погибнут. Только полная гуманизация общества, относительно бесконфликтное его включение в систему биосферы, основанное на использовании только прироста ресурсов, может спасти человечество. Управлять люди будут не природой, а прежде всего собой. И в этом главный смысл закона ноосферы.

Человеку и обществу необходимо жить по **принципу «думать глобально, действовать локально»**, т. е. делать все от тебя лично зависящее по сохранению и улучшению своей окружающей среды на пользу всей биосфере.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы:

– основные выводы из правила социально-экологического равновесия;

– значение для устойчивого развития принципа культурного управления развитием;

– значение для устойчивого развития правила социально-экологического замещения;

– основные следствия закона исторической необратимости;

– значение закона неизбежности создания общечеловеческой экологической культуры;

– как понимать принцип «думать глобально, действовать локально».

Практическое занятие

Оформление основных результатов семинара в виде таблиц, графиков и схем.

Деловая игра

Учащиеся разбиваются на группы по количеству законов социальной экологии, упомянутых в тексте параграфа. Преподаватель намечает какую-нибудь экологическую ситуацию, а учащиеся применяют к ней свой закон, который они защищают.

3.3. Природопользование

- *Правило «мягкого» управления природой*
- *Правило (неизбежных) цепных реакций «жесткого» управления природой*
- *Закон ограниченности природных ресурсов*
- *Закон падения природно-ресурсного потенциала*
- *Закон снижения энергетической эффективности природопользования*
- *Закон предельной урожайности (К. Пратт)*
- *Закон убывающего (естественного) плодородия*
- *Закон увеличения наукоемкости общественного развития*
- *Закон снижения природоемкости готовой продукции*
- *Закон увеличения темпов оборота вовлекаемых природных ресур-сов*
- *Правило одного процента*

Природопользование может быть «мягким» и «жестким». «**Мягкое» природопользовани**е — опосредованное, направляющее, восстанавливающее экологический баланс. **Правило «мягкого» управления природой**: «мягкое» управление природными процессами, как правило, способно вызвать желательные природные цепные реакции. Это правило целесообразного (рационального) преобразования природы.

«Мягкое» управление основано на восстановлении бывшей естественной продуктивности экосистем или ее повышении путем целенаправленной и основанной на использовании объективных законов природы серии мероприятий. Это позволяет направлять природные цепные реакции в благоприятную для хозяйства и жизни людей сторону.

Примеры «мягкого» управления: выборочные рубки леса, агролесомелиорация.

«Жесткое» природопользование — природопользование без соблюдения законов развития природы, ведущее к ее деградации. **Правило (неизбежных) цепных реакций «жесткого» управления природой**: «жесткое», как правило, техническое управление природными процессами чревато цепными природными реакциями, значительная часть которых оказывается экологически, социально и экономически неприемлемыми в длительном интервале времени.

Действие данного правила связано прежде всего с тем, что грубое, «хирургическое» вмешательство в жизнь природных систем нарушает закон внутреннего динамического равновесия и вызывает значительное увеличение энергетических затрат на поддержание природных процессов. Примеры «жесткого» управления: сплошные рубки леса, сплошная распашка склонов, строительство плотин на крупных равнинных реках, переброска вод северных рек на юг и др.

При любом виде природопользования необходимо помнить **закон ограниченности природных ресурсов**: все природные ресурсы (и условия) Земли конечны. Закон основан на том, что поскольку Земля представляет собой естественно ограниченное небесное тело, то на ней не могут существовать бесконечные части. Следовательно, категория **«неисчерпаемых» природных ресурсов** возникла по недоразумению. К подобным ресурсам, к примеру, относят энергетические, полагая, что солнечная энергия дает практически неисчерпаемый источник получения полезной энергии. Ошибка состоит в том, что не учитываются ограничения, накладываемые самой энергетикой биосферы, антропогенное изменение которых сверх допустимого предела по правилу одного процента (см. ниже) чревато серьезными последствиями. Искусственное привнесение энергии в биосферу в наше время достигло уже значений, близких к предельным, отличающихся от них не более чем на 1 порядок — в 10 раз.

В соответствии с **законом падения природно-ресурсного потенциала** в рамках одной общественно-экономической формации (способа производства) и одного типа технологий природные ресурсы

делаются все менее доступными и требуют увеличения затрат труда и энергии на их извлечение и транспортировку. Примером может быть сельскохозяйственное производство, куда вкладывается до 20 % от производимой энергии, истощение подземных водоносных горизонтов, истощение минеральных богатств и т. д.

В рамках закона падения природно-ресурсного потенциала действует **закон снижения энергетической эффективности природопользовния**: с ходом исторического времени при получении из природных систем полезной продукции на ее единицу в среднем затрачивается все больше энергии. Это прямо вытекает из принципа Ле Шателье — Брауна — чем больше отклонение от состояния экологического равновесия, тем значительнее должны быть энергетические затраты для ослабления противодействия природных систем этому отклонению.

Данный закон имеет весьма важное практическое следствие: рост энергетических затрат не может продолжаться бесконечно. Следовательно, можно теоретически рассчитать вероятный момент неизбежного перехода на новые, энергосберегающие технологии промышленного и сельскохозяйственного производства, избежав тем самым термодинамического (теплового) и экологического кризисов.

Неизбежность подобных технологических изменений подтверждается, к примеру, **законом предельной урожайности К. Пратта**, согласно которому излишнее внесение удобрений ведет не к увеличению, а снижению урожайности. Это же подтверждает и более общий **закон убывающего (естественного) плодородия**: в связи с постоянным изъятием урожая и нарушением естественных процессов почвообразования, а также при длительной монокультуре в результате накопления токсичных веществ, выделяемых растениями, на культивируемых землях постепенно происходит снижение естественного плодородия почв. Ряд сельскохозяйственных культур (например, кукуруза) не выделяют токсичных для себя веществ, но и не предохраняют почву от эрозии плодородного слоя.

К настоящему времени плодородие в той или иной степени потеряно около 50 % всех пахотных угодий мира при средней скорости

потерь около 7 млн. *га* в год. Интенсификация сельского хозяйства позволяет получать все большие урожаи при меньших затратах человеческого труда, но в то же время падает энергетическая эффективность производства.

Научно-технический прогресс развивается в соответствии с **законом увеличения наукоемкости общественного развития**.

Увеличение наукоемкости и энергоемкости общественного производства привело в действие два положительных процесса, формулируемых в виде двух законов:

— **закон снижения природоемкости готовой продукции**: удельное содержание природного вещества в усредненной единице общественного продукта исторически неуклонно снижается;

— **закон увеличения темпов оборота вовлекаемых природных ресурсов**: в историческом процессе развития мирового хозяйства быстрота оборачиваемости вовлеченных природных ресурсов (вторичных, третичных и т. д.) непрерывно возрастает на фоне относительного уменьшения объемов их вовлечения в общественное производство (относительно роста темпов самого производства).

Закон снижения природоемкости готовой продукции не означает, что вовлекается меньше природного вещества в процесс производства. Наоборот, его количество увеличивается — выбрасывается в виде отходов до 95—98 % потребляемого в производстве природного вещества. Однако в конечных аналогичных продуктах общественного производства в наши дни усреднено меньше природного вещества, чем в прошлом.

Объясняется это миниатюризацией изделий, заменой естественных материалов и продуктов синтетическими, сменой вещественных отношений информационными (к примеру, вместо поездки за информацией — сначала письма, затем телеграф, радио, телевидение и, наконец, электронная почта и Интернет) и другими явлениями.

Закон снижения природоемкости готовой продукции действует также в сельском хозяйстве, поскольку в земледелии происходит замена естественного плодородия искусственным и открытого грунта закрытым, а в животноводстве пастбищное скотоводство заменяется

стойловым. В результате площадь сельхозугодий (пашни, пастбища) снижается, а урожай и продукция животноводства увеличиваются.

Как видим, выигрыш в природном веществе оборачивается (погашается) проигрышем в энергии, что еще раз подчеркивает универсальность закона снижения энергетической эффективности природопользования и накладываемого им и правилом одного процента глобального ограничения на энергопроизводство. Сейчас лишь напомним, что среднее соотношение вложения энергии и энергии урожая в сельском хозяйстве США в 1910 г. составляло 1:1, а с 70-х годов оно подошло к 10:1. Это явление связано с заменой ручного труда механическим, естественного плодородия почв искусственным и широким использованием пестицидов.

Правило одного процента: изменение энергетики природной системы в пределах 1 % выводит природную систему из равновесного состояния. Как и в случае правила десяти процентов, многое зависит от состояния природной системы, в которой происходят изменения. Это делает правило одного процента вероятностным, дает лишь придержки, которым целесообразно следовать, или во всяком случае учитывать большую вероятность цепи событий, связанных с выходом системы из равновесия.

Эмпирически правило одного процента подтверждается исследованиями в области климатологии, геофизических и биофизических процессов. Все крупномасштабные явления на поверхности Земли (мощные тропические циклоны, извержения вулканов, процесс глобального фотосинтеза...), как правило, имеют суммарную энергию, не превышающую 1 % от энергии солнечного излучения, падающего на поверхность Земли. Переход энергетики процесса за это значение обычно приводит к существенным аномалиям и природным бедствиям — резким климатическим отклонениям, переменам в характере растительности, крупным лесным и степным пожарам, затяжным засухам и т. д.

Особое значение правило одного процента, по мнению Н. Ф. Реймерса, имеет для глобальных систем. Их энергетика, видимо, принципиально не может превзойти уровень примерно 0,2 % от

поступающей солнечной радиации (уровень энергетики фотосинтеза) без катастрофических последствий. Вероятно, это непреодолимый порог и лимит для человечества.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся по правилам и законам природопользования — по одному закону (правилу) на одного выступающего.

Практическое занятие

На каждое правило и закон природопользования придумать пример. Результаты оформить в виде таблицы:

Правила и законы природопользования	Примеры действия закона (правила) природопользования
1.	
2.	
3.	

Деловая игра

Учащиеся делятся на управленцев и экологов: управленцы составляют две группы — сторонники «мягкого» и сторонники «жесткого» управления; экологи делятся на группы по количеству правил и законов природопользования.

Преподаватель (или управленцы) выдвигают какой-нибудь грандиозный проект по преобразованию природной среды, по строительству и т. п. Далее выступают «жесткие» управленцы, за ними — «мягкие», а потом группы экологов анализируют эти две вероятности управления с позиций своего правила или закона природопользования.

3.4. Законы прикладной экологии

- *Законы (афоризмы) экологии Б. Коммонера*
- *Закон бумеранга*
- *Закон шагреневой кожи*
- *Закон неустранимости отходов и (или) побочных воздействий производства (хозяйства)*
- *Закон (правило) перехода в подсистему (принцип кооперативности)*
- *Правило интегрального ресурса*

Основные прикладные закономерности взаимоотношений в системе общество — природа обобщены в **законах экологии Б. Коммонера**. Законы Б. Коммонера скорее легко запоминающиеся афоризмы, чем строго сформулированные положения. Их всего четыре:

1. Все связано со всем.
2. Все должно куда-то деваться.
3. Природа «знает» лучше.
4. Ничто не дается даром (**закон бумеранга**, или закон обратной связи взаимодействия человек — биосфера П. Дансеро).

Первый закон Б. Коммонера обращает внимание на всеобщую связь процессов и явлений в природе, что необходимо учитывать при любом вмешательстве в природные системы с целью получения от них продукции, энергии или их «облагораживания». Он близок по смыслу к закону внутреннего динамического равновесия.

Второй закон Б. Коммонера подчеркивает, что не существует безотходных производств и отходы (вещество, энергия) должны куда-то деваться, что связано с их непосредственным или замедленным (при захоронении) воздействием на экосистемы и среду жизни человека. Он также по смыслу близок к закону внутреннего динамического равновесия.

Третий закон Б. Коммонера указывает на то, что пока мы не имеем полной достоверной информации о механизмах и функциях

природы, мы, подобно человеку, незнакомому с устройством часов, но желающему их починить, легко вредим природным системам, пытаясь их «улучшить». Он призывает к предельной осторожности.

Иллюстрацией третьего закона Б. Коммонера и информационной беспомощности человека, по мнению Н. Ф. Реймерса, может служить то, что один лишь математический расчет параметров биосферы требует безмерно большего времени, чем весь период существования нашей планеты как твердого тела. Потенциально осуществимое разнообразие природы оценивается числами с порядком от 101000 до 1050. При пока не осуществимом быстродействии ЭВМ — 1010 операций в секунду — и работе невероятного числа (1010) машин операция вычисления одномоментной задачи варианта из 1050 разностей займет 1030 секунд или 3.1021 лет, что почти в 1012 раз дольше существования жизни на Земле.

Поэтому действительно природа пока «знает» лучше нас. Теоретически просчет вариантов возможен лишь методом блоков из «слоев» и «предложений», но нужно знать закономерности построения этих блоков и отбора при их расчетах. Данная задача пока невыполнимая. Поэтому в настоящее время управлять необходимо прежде всего общественно-экономическими процессами. Они хотя и саморазвиваются, но значительно проще по существу и лучше изучены.

Четвертый закон Б. Коммонера (закон бумеранга) также связан с основными закономерностями развития природных систем и биосферы в целом. Б. Коммонер (1974) так разъясняет свой четвертый закон:

«... глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно и которое не может являться объектом всеобщего улучшения; все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать: он может быть только отсрочен».

Наиболее общим законом охраны природы можно считать **закон шагреневой кожи**: глобальный исходный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается, что

требует от человечества научно-технического совершенствования, направленного на более широкое и глубокое использование этого потенциала.

Использование возобновимых и невозобновимых ресурсов постоянно растет. Для жизни каждого человека в наше время необходимо 200 т твердых веществ, которые он с помощью 800 т воды и в среднем 103 Вт энергии превращает в полезный для себя продукт.

В процессе использования часть твердого вещества меняет свою физическую и химическую структуру необратимо. Энергия, накапливаясь в приземных слоях атмосферы и воздействуя на вышележащие слои, меняет всю геофизику и геохимию планеты, а дисперсные в естественных условиях вещества опасно для жизни концентрируются, отравляя среду жизни. Данные процессы идут по всей иерархии систем, разрушая и отравляя природную среду. И чем больше возникает потребностей у человека в увеличении своего комфорта, обустроенности жизни, персонального технического оснащения (автомашины, бытовая техника и т. д.), тем больше скорость сжимания природной шагреневой кожи.

Некоторые люди свято верят в «безотходное» производство, полагая, что именно так работают экосистемы. Но это глубоко ошибочное мнение! В процессе природных биотических процессов за историю биосферы накопились огромные массы органогенных горных пород (ракушечники, кормовые известняки, яшма, каменный уголь, нефть, горючие газы...) — естественные «отходы» биотических процессов. Поэтому экосистемы, как видим, лишь полузамкнуты, иногда в высокой, но не в абсолютной степени.

В случае же хозяйственной деятельности существует пока еще мало осознанный **закон неустранимости отходов и (или) побочных воздействий производства (хозяйства)**: в любом хозяйственном цикле образующиеся отходы и возникающие побочные эффекты неустранимы, они могут быть лишь переведены из одной физико-химической формы в другую или перемещены в пространстве. От отходов нельзя избавиться потому, что это противоречит физическому закону сохранения массы и энергии.

К примеру, используемая на производстве **очистка** — это всего лишь изменение физико-химической формы вещества и перемещение загрязняющих веществ в пространстве. Она дает очень малый эффект, т. к. требует резкого возрастания энергетических расходов. Локально она весьма полезна, но широко регионально и глобально в длительном интервале времени она неэффективна: выигрыш, получаемых в одном месте, поглощается проигрышем, возникающим в других местах. **Проблема может быть решена только уменьшением потребительских запросов человека, а также через уменьшение давления общества на среду жизни через снижение темпов увеличения населения в странах с высоким коэффициентом рождаемости.**

При управлении природными ресурсами и при организации самого использования природных ресурсов необходимо выполнять **закон (правило) перехода в подсистему (принцип кооперативности**): саморазвитие любой взаимосвязанной совокупности, ее формирование в систему приводит к включению ее как подсистемы в образующуюся или существующую подсистему — относительно однородные системные единицы образуют общее целое. Примерами являются популяции и сообщества в природе, промышленные объединения в экономике, различные формы кооперации.

«Кооперативный эффект» проявляется на всех уровнях организации материи, и его часто называют системным или системообразующим эффектом. Примеры: образование глобальной антропосистемы (техносферы), формирование иерархии экосистем и вообще систем и т. д.

«Кооперативный эффект» дает значительный вещественно-энергетический выигрыш. Это касается и мирового сообщества государств, для которого кооперация усилий — один из наиболее действенных путей выхода из экологических затруднений и других кризисных явлений.

Подтверждением необходимости кооперации (государственной и хозяйственной) является **правило интегрального ресурса**: конкурирующие в сфере использования конкретных природных систем

отрасли хозяйства неминуемо наносят ущерб друг другу тем сильнее, чем значительнее они изменяют совместно эксплуатируемый экологический компонент или всю экосистему в целом.

Это правило является прикладным следствием закона внутреннего динамического равновесия. К примеру, в водном хозяйстве гидроэнергетика, транспорт, коммунальное хозяйство, орошаемое земледелие и рыбная промышленность связаны таким образом, что в наименее выгодном положении оказывается рыбный промысел. Чем полнее гидроэнергетическое использование вод, тем сложнее ведение других отраслей водного хозяйства; развитие водного транспорта осложняет другие способы использования воды; разбор ее на орошение также вызывает затруднения в сопряженных формах эксплуатации вод.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы, посвященные значению законов прикладной экологии для различных отраслей народного хозяйства: сельского, лесного, водного, промыслового, промышленности и транспорта.

Практическое занятие

Составление таблицы по материалам семинара по приведенному образцу:

Законы прикладной экологии	Примеры их проявления в различных отраслях экономики
1.	
2.	
3.	

Деловая игра

Учащиеся делятся на управленцев (администраторов), производственников и экологов. Управленцы выдвигают различные идеи по строительству объектов и освоению природных ресурсов. Производственники разрабатывают проекты по реализации этих идей. Экологи, опираясь на законы прикладной экологии, рассказывают об экологических последствиях практического осуществления предложенных проектов.

3.5. Принципы охраны среды жизни

- *Принципы или «железные законы» охраны природы (П. Р. Эрлих)*
- *Принцип уникальности (Н. Ф. Реймерс)*
- *Принцип разумной достаточности и допустимости риска*
- *Правило «экологичное — экономично»*
- *Принцип обманчивого благополучия, или эйфории первых успехов*
- *Принцип неполноты информации (принцип неопределенности)*
- *Принцип инстинктивного отрицания — признания*
- *Принцип удаленности событий*

Принципы (от лат. principium — начало, основа) охраны среды жизни — это основные исходные положения теории охраны природы, без которых невозможно сохранение благоприятной для жизни окружающей среды.

Наиболее полное воплощение они нашли в **пяти принципах или «железных законах» охраны природы П. Р. Эрлиха**:

1. В охране природы возможны только успешная оборона или отступление. Наступление невозможно: вид или экосистема однажды уничтоженные, не могут быть восстановлены.

2. Продолжающийся рост народонаселения мира и охрана природы принципиально противоречат друг другу.

3. Экономическая система, охваченная манией роста, и охрана природы также принципиально противостоят друг другу.

4. Не только для всех других организмов, но и для человечества смертельно опасно представление о том, что при выработке решений об использовании Земли надо принимать во внимание одни лишь ближайшие цели и немедленное благо Homo sapiens.

5. Аргументы об эстетической ценности различных форм жизни, о том интересе, который они представляют сами по себе, или призывы к сочувствию по отношению к нашим, быть может, единственным живым спутникам в космосе в основном попадают в уши глухих. Охрана природы должна считаться вопросом благосостояния и в более далекой перспективе — выживания человека.

Н. Ф. Реймерс предложил к этим пяти принципам П. Р. Эрлиха добавить еще один столь же «железный» закон охраны природы — **принцип уникальности**: не повторяющееся и неповторимое — заслуживает особой охраны. Уникальные памятники природы (водопады, экзотические скалы, старые деревья...) нередко сохраняются в национальных парках и на других особо охраняемых территориях. Но часть из них вообще не охраняется, к примеру, уникальные курортные районы Алтая, Кавказа, Приаралья и др.

Принципы охраны природы П. Р. Эрлиха являются следствием фундаментальных законов развития биоценозов, экосистем и биосферы в целом.

Монокультура человечества столь же опасна, как любая другая монокультура. Перенаселение планеты грозит действием экологических факторов, зависящих от плотности населения. Рост людности превратился в угрозу номер один для человечества.

Если человечеству по силам удержать мир от применения оружия и улучшить общественно-экономическую ситуацию, то совладать с экологическими факторами, зависящими от плотности населения (резкое усиление давления на окружающую среду, деградация природной среды, эпидемии, ...), будет ему не по плечу: не хватит ни реального времени, ни средств.

Сложность демографической ситуации в том, что экономически большинство государств заинтересовано в росте трудоспособного населения, а потому — в омоложении населения (средний возраст насе-

ления мира около 24 лет). Однако один процент прироста населения требует 4 % увеличения валового национального продукта (ВНП). Если данная пропорция не соблюдается, то в стране начинается голод и связанные с ним эпидемии и увеличение смертности.

Другая сложность состоит в том, что в современных технически развитых странах в настоящее время вместо демографического взрыва наступил демографический кризис — резко сократились деторождаемость и рост трудоспособного населения. Поэтому в этих странах вынуждены принимать меры по увеличению деторождаемости коренного населения, а также росту численности трудоспособных иммигрантов. Последнее нередко сопровождается усилением социальной напряженности на культурной, нравственной и религиозной несовместимости пришлого и коренного населения.

Третий принцип П. Р. Эрлиха не означает, что нужно стремиться к нулевому экономическому росту. Должен смениться сам тип роста: из экстенсивного он должен перейти в интенсивный, из количественного — в качественный, из пространственно расширяющегося — в сужающийся.

Экономический рост должен происходить с учетом **принципа разумной достаточности и допустимого риска**: расширение любых действий человека не должно приводить к социально-экономическим и экологическим катастрофам.

Примером нарушения данного принципа является атомная промышленность, т. к. изначально неизвестны были способы безопасного длительного хранения отходов АЭС и предприятий атомной промышленности. Отсюда в соответствии с принципом разумной достаточности и допустимого риска необходимо было ограничить строительство подобных предприятий до момента, когда станет ясно, что следует делать с отходами. Но пошли по заведомо ложному и опасному пути — по пути неограниченного расширения строительства, по экспоненте усиливая опасность радиоактивного загрязнения мест хранения отходов. Абсолютно опасный предел еще не достигнут, но он в конце концов будет достигнут и тогда произойдет глобальная экологическая катастрофа.

Одним из основополагающих принципов охраны природы и среды жизни является **правило «экологичное — экономично»**: сохранение ресурсов в конечном итоге выгодно в социальном и экономическом отношениях, а к тому же оставляет время для кардинального решения демографических проблем.

Если ранее экологию и экономику можно было противопоставлять как антиподы, то в настоящее время усилия и материальные затраты по воспроизводству природно-ресурсного потенциала сопоставимы с экономическими результатами эксплуатации природы. Там, где это не так, природно-ресурсный потенциал довольно быстро истощается, а результативность хозяйства падает. Исторически промыслы постепенно вытеснялись хозяйством, основанным на воспроизводстве ресурсов. Ныне же последнее не может не базироваться на законах экологии.

Для охраны природы важен **принцип обманчивого благополучия, или эйфории первых успехов** — первые успехи (или неудачи) в природопользовании могут быть кратковременными: успех мероприятия по преобразованию природы или управлению ею объективно оценивается лишь после выяснения хода и результатов природных цепных реакций в пределах естественного природного цикла, имеющего продолжительность от немногих до нескольких десятков лет.

Первые результаты могут быть следствием допингового воздействия на природные системы. Затем чаще всего наступает крах надежд, если не было проведено исследований прогнозного характера.

Первоначально изменения могут быть как положительным, так и отрицательным знаком. К примеру, молодые посаженные леса забирают воду и иссушают местность. Сформировавшийся же лесной биоценоз сначала балансирует приток и расход влаги, затем постепенно приводит к повышенному увлажнению. Однако перестойные леса иногда вновь оказывают иссушающее воздействие: в разреженных перестойных лесах в южной тайге Сибири порой формируется «степной» микроклимат. Поэтому только глубокий по времени **экологический прогноз** может обеспечить истинный успех хозяйственного мероприятия.

Рассмотренные принципы охраны природы тесно связаны с **принципом неполноты информации (принципом неопределенности)**: информация при проведении акций по преобразованию и вообще любому изменению природы всегда недостаточна для априорного суждения о всех возможных результатах таких действий, особенно в далекой перспективе, когда разовьются все природные цепные реакции.

Принцип неопределенности обусловлен исключительной сложностью природных систем, их индивидуальной уникальностью (неповторимостью) и неизбежностью ответных природных цепных реакций, характер и направление которых в полной мере невозможно предсказать.

Непосредственные исследования в природе, натурные эксперименты, знание естественной динамики и моделирование природных процессов и привлечение аналогов несколько снижает действие принципа неопределенности, но не снимает его полностью! Всегда остаются неисследованные варианты. Круг ожидаемых и не ожидаемых последствий шире, чем существующие модели, а нередко и вообще имеющиеся знания.

В наше время без моделирования, составления машинной программы и «проигрывания» на ЭВМ перспектив развития событий проект, как правило, не считают завершенным. Но в процессе моделирования очень много субъективного, исходящего от разработчика, программиста и пользователя. Если, к примеру, создать две бригады программистов, одна из которых состоит из сторонников, а другая из противников проекта, то будут получены «объективные» результаты, в первом случае подтверждающие, а во втором — отрицающие полезность и безопасность начинания. При этом никто из программистов не будет сознательно кривить душой.

Подобная противоречивая ситуация обусловлена **принципом инстинктивного отрицания — признания**: факты и закономерности, в глубине подсознания отрицаемые (неприемлемые) составителем машинной программы, неосознанно исключаются им из модели, а фактам, признаваемым верными, инстинктивно придается больший вес,

чем они имеют в реальности. В конечном итоге получается результат, который был «желаем» составителю программы и к которому исследователь подсознательно и сознательно стремился, или результат, близкий к субъективному желаемому, но не объективному положению вещей.

В связи с принципом инстинктивного отрицания – признания все споры «зеленых» и «красных», экологов и технократов и т. д. совершенно лишены разумной основы до тех пор, пока не проведена во истину независимая объективная экспертиза данных. Самих экспертов следует специально готовить как профессионалов, знающих подводные камни методик, не обремененных грузом субъективного подхода и не зависимых от какой-либо из заинтересованных сторон и давления от вышестоящих инстанций.

Эксперты и ответственные люди, принимающие решения, для оправдания своих поступков не имеют права прикрываться принципом удаленности событий: явления отделенные во времени и в пространстве, психологически кажутся менее существенными. Дескать, научно-технический прогресс исправит положение, потомки что-нибудь придумают, природа со временем справится и т. д. Эта наивная вера, основанная на беспочвенном и на экологически безграмотном оптимизме, уже не раз подводила человечество, свидетельство чему – отравленные реки, озера и моря, уничтоженный плодородный слой почвы на огромных территориях, засоление почв, опустынивание и т.д.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы, посвященные значению принципов охраны среды жизни для организации службы и мероприятий для охраны природы на региональном и глобальном (международном) уровнях. Число докладов (или сообщений) соответствует числу принципов.

Практическое занятие

Составление таблицы с указанием принципов охраны среды жизни и их значение для сохранения биосферы.

Деловая игра

Учащиеся делятся на две группы – сторонников и противников воплощения принципов охраны среды жизни в обязательные нормы социальной организации каждого государства и всего мирового сообщества. При подготовке к игре в каждой группе выделяется один (или несколько) человек, в обязанности которого входит более детальное изучение того или иного принципа. Это делается для того, чтобы в игре приняло как можно больше участников и чтобы обсуждение не носило поверхностного характера, основанного на общем понимании, а не на глубоком осознании рассматриваемой проблемы.

3.6. Принципы устойчивого развития системы человек – общество – природа

- *Уважать и заботиться о всем сущем на Земле*
- *Повышать качество жизни человека*
- *Сохранить жизнеспособность и разнообразие всего живого на Земле*
- *Свести до минимума использование невозобновимых ресурсов*
- *Необходимо развиваться в пределах потенциальной емкости экологических систем Земли*
- *Изменить сознание человека и стереотипы его поведения*
- *Поощрять социальную заинтересованность общества в сохранении среды его обитания*
- *Выработать концепцию интегрирования процессов социально - экономического развития и охраны окружающей среды*
- *Способность к достижению единства действий на мировом уровне*

Устойчивое развитие – это развитие, при котором достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения без лишения такой возможности будущих поколений.

Для достижения устойчивого развития защита окружающей среды должна составлять неотъемлемую часть процесса развития и не может рассматриваться в отрыве от него.

Устойчивое развитие требует более глубокого понимания экологических проблем, для чего необходимо делиться получаемыми знаниями и новыми более экологичными технологиями. **Для обеспечения прогресса и экологического благополучия нельзя охранять природу только избирательно, т.е. в пределах одного или нескольких государств – эти проблемы должны решаться путем создания национальных программ, планов и политики, координируемых на международном уровне с учетом воздействия и последствий для всей биосферы.**

Одной из основных причин деградации окружающей среды во всем мире признана несовершенная структура потребления и производства, не обеспечивающая устойчивости природно – антропогенных систем. В связи с этим указано на жизненно важную необходимость найти пути, позволяющие обеспечить рост экономики и процветание человечества при одновременных уменьшениях расходов энергии, сырья и производства отходов разного типа; определить наиболее сбалансированные системы структур потребления, которые биосфера может выдержать в течение продолжительного времени и при этом не погибнуть. **Страны должны иметь разносторонние данные о своих национальных возможностях по жизнеобеспечению населению, состояние которого во всех случаях является основным залогом возможного устойчивого развития.** Прежде всего необходимо хорошо знать о таких важных ресурсах, как вода и земля, внимательно относиться к показателям здоровья людей, а также способствовать биологическому разнообразию экосистем.

Международным союзом охраны природы и природных ресурсов при участии Программы ООН по окружающей среде и Всемирного фонда охраны природы разработана Всемирная стратегия охраны природы «Забота о Земле. Стратегия устойчивого существования». Это важный международный документ, предлагающий всем странам, как на уровне глав государств, так и каждому гражданину, новый план действий по поддержанию устойчивого развития. Полный текст Стратегии включает более чем 130 положений. Следуя которым люди могут сохранить и улучшить среду обитания и повысить при этом

уровень жизни. В ней убедительно аргументируется польза сохранения среды как ключевого вопроса выживания человечества. В Стратегии имеется обращение ко всем жителям планеты и сформулированы девять основных принципов устойчивого развития системы человек – общество – природа.

1-й принцип – уважать и заботиться о всем сущем на Земле. Этические нормы, основывающиеся на уважении и заботе друг о друге и о Земле, являются основой устойчивого существования. Развитие не должно осуществляться за счет других групп людей или будущих поколений. Развитие также не должно угрожать выживанию животных и растений. Преимущества и затраты, связанные с использованием природных ресурсов и охраны окружающей среды, должны справедливо распределяться между различными обществами, среди богатых и бедных, а также между нашим и будущим поколениями.

2-й принцип – повышать качество жизни человека. Цель развития – улучшить качество жизни человека. Необходимо дать возможность людям реализовать свои потенциальные способности и вести достойную и богатую свершениями жизнь. Экономический рост является важной частью развития, но он не должен быть самоцелью и не может быть бесконечным. Хотя цели развития у разных народов различны, но некоторые из них универсалы. Они включают продолжительную и здоровую жизнь, образование, доступ к ресурсам, необходимым для достойного уровня жизни, политическую свободу, гарантированные права человека и защиту от насилия. Развитие становится реальным только тогда, когда он делает нашу жизнь лучше во всех этих аспектах. К 2000 году ожидается рост доходов на душу населения от 2% до 3% в странах с низкими доходами. Всем детям следует сделать предохранительные прививки; недоедание и детская смертность должны сократить вдвое. Любой человек должен получить доступ к безопасным источникам питьевой воды, почти каждый нуждается в санитарном контроле. Всем детям необходимо обеспечить возможность посещения школы, причем они должны там действительно учиться, а не формально присутствовать на занятиях, как это имеет место в настоящее время. Затраты на вооружение должны быть

сокращены, что позволит направить их на помощь обществу и охрану природы.

3-й принцип – сохранить жизнеспособность и развитие всего живого на Земле. Устойчивое развитие должно включать в себя целенаправленные действия по защите структуры, функции и разнообразия природы в мировом масштабе, так как от них зависит жизнь человечества. Это требует от нас следующего:

сохранить жизнеобеспечивающие систем, т.е. экологические процессы, которые делают нашу планету пригодной для жизни. Они формируют климат, очищают воздух и воду, регулируют круговорот воды и важнейших элементов, формируют и восстанавливают почву, а также обеспечивают экосистемами способность к самовозобновлению;

сохранить биологическое разнообразие. Оно включает все виды растений и животных и других форм жизни, весь ряд генетического разнообразия внутри каждого вида и разнообразие экосистем;

гарантировать устойчивое использование возобновимых природных ресурсов. Такие ресурсы включают почву, дикие и одомашенные организмы, их местообитания, культивируемые земли, а также пресноводные и морские экосистемы, которые обеспечивают рыболовство. Использование является устойчивым только в том случае, если оно не превышает способность данного природного ресурса к восстановлению.

К концу XX-го столетия все правительства должны принять Принцип Предотвращения нежелательных последствий нерационального использования природных ресурсов. Высокоразвитые страны должны уменьшить выбросы доиксида серы до 10% от уровня 1980 года, а также сократить выбросы азота на 75% от уровня 1985 года. Производство хлоруглеродов должно прекратиться в высокоразвитых странах, а в других существенно сократиться. Приблизительно на 10-ти процентах от общей площади основных экологических регионов должны быть созданы охраняемые территории различных категорий. Все страны должны принять всеобъемлющие стратегии к сохранению своего биологического разнообразия.

К 2005 году производство и использование хлоруглерода должно быть повсеместно прекращено. Всеми странами должна быть принята стратегия сохранения генофонда.

4-й принцип – свести до минимума использование невозобновимых ресурсов. Истощение невозобновимых природых ресурсов, таких как минералы, нефть, газ и уголь должно быть сведено до минимума. Несмотря на то, что данные ресурсы невозможно использовать бесконечно, срок их «жизни» может быть продлен, например, при помощи вторичного использования, применения ресурсосберегающих технологий, переключения на возобновляемые ресурсы там, где это возможно. Это необходимо, если принять во внимание, что Земле предстоит поддерживать еще миллиарды людей и что всем им необходимо обеспечить достаточно высокий уровень жизни.

5-й принцип – необходимо развиваться в пределах потенциальной емкости экологических систем Земли. Существуют пределы потенциальной емкости экосистем Земли по отношению к воздействиям, которые они и биосфера в целом могут вынести без серьезных нарушений, однако точное определение их в настоящее время затруднено. Эти пределы изменяются географически и зависят от многих причин: от того, сколько людей живет в данном регионе, сколько пищевых продуктов, воды, энергии и сырья человек использует и бесполезно растрачивает. Политика, направленная на гармонизацию численности населения и образа жизни с возможностями природы, гармонизацию численности населения и образа жизни с возможностями природы, должна идти рука об руку с развитием ресурсосберегающих технологий. Страны, в которых потребление энергии на душу населения превышает 80 Гдж[3] (например, США – 280, Великобритания – 150), должны снизить потребление до этого уровня сокращая его на 1% в год вплоть до 2000 года и на 2% в последующие годы. Те же страны, в которых потребление находится ниже (Китай – 2, Бангладеш – 21) или же примерно на этом уровне (Израиль – 82, Венесуэла – 58), должны гарантировать, что потребление энергии не превысит вышеуказанный уровень. Все страны должны предпринимать меры по стабилизации коэффициента рождаемости на уровне 2,1

(что является стабильным уровнем воспроизводства), причем чем скорее, тем лучше. Большинство стран должны достичь этого уровня самое позднее к 2010 году.

6-й принцип – изменить сознание человека и стереотипы его поведения. Для того, чтобы принять этику устойчивого существования, люди должны пересмотреть нравственные ценности и изменить свое поведение. Общество должно поддерживать и пропагандировать ценности, предложенные новой этикой, и отвергать те, которые противоречат экологически разумному образу жизни. Информацию следует распространять, используя формальные и неформальные структуры природоохранного просвещения и образования, чтобы действия, необходимые для выживания и благополучия человечества, были поддержаны как можно более широкими слоями населения. К концу XX-го столетия организации по содействию устойчивому развитию должны в два раза увеличить помощь в экологическом обучении по сравнению с 1990 годом. Все страны кроме того должны включить экологическое образование в учебные планы школ и национальные программы пропаганды устойчивого существования.

7-й принцип – поощрять социальную заинтересованность общества в сохранении среды обитания. Большая часть творческой и производственной деятельности людей протекает в обществе. Общество и группы граждан предоставляют людям возможность совершать социально значимые поступки, полнее выражать свои тревоги и интересы. Хорошо организованные, информированные группы могут влиять на принятие решений и вносить большой вклад в создание стабильного общества, основанного на принципе коллективной безопасности. К 2000 году все страны должны провести проверку своих способностей заботиться о Земле. Опыт успешных действий по охране среды обитания должен быть обобщен в специальных руководствах.

8-й принцип – выработать концепцию интегрирования процессов социально – экономического развития и охраны окружающей среды. Каждое общество, если оно желает развиваться устойчиво, нуждается в информации и знаниях, в системе законов и

институтов, и последовательной экономической и социальной политике. Национальная программа устойчивого существования должна включать интересы всех представителей общества и стремиться определять и предотвращать проблемы до того, как они возникают. Она должна быть гибкой и чутко реагировать на появление нового опыта и новых требований. К концу XX-го столетия нужно пересмотреть национальные законы во всех странах с целью их изменения в направлении устойчивого существования. С этой же целью необходимо завершить пересмотр экономической политики и административных подходов в странах, которые обладают наиболее высокими доходами. Необходима повсеместная доступность научной информации, которая призвана облегчить обществу выбор устойчивой и разумной стратегии. Должна быть выработана интегрированная система слежения за экологической ситуацией, включая и механизм быстрого слежения за экологической ситуацией, включая и механизм быстрого оповещения об экологических проблемах. К 2010 году необходимо распространить на все страны пересмотр экономической политики и административных подходов.

9-й принцип – способствовать достижению единства действий на мировом уровне. Достижение устойчивого развития в глобальных масштабах будет зависеть от тесного сотрудничества между всеми странами. Однако уровни экономического развития различны и необходимо помочь странам с низкими доходами в достижении устойчивой жизни и защите окружающей среды. Всемирные природные ресурсы, особенно это относится к атмосфере, океанам и общим для нескольких стран экосистемам, можно рационально использовать только на основе совместных решений. Новые этические принципы охраны окружающей среды пригодны как на национальном и индивидуальном, так и на международном уровнях. Ни одна страна в наше время не является самообеспечивающейся. Все страны выиграют при реализации принципа устойчивого существования и пострадают, если не удастся его обеспечить.

Каждый человек участвует в построении устойчивого общества. Не существует ни «зрителей», ни специально организованных

«действующих лиц». Поэтому кампания должна поддерживать двусторонний поток информации, позволяющий людям как вкладывать, так и получать идеи и информацию.

Используемые методы будут неизбежно варьировать в зависимости от страны, культурных обычаев, религии и уровня развития. Однако следующий «набор» указаний и методов должен обязательно быть учтен:

включать каждого и поддерживать его идеи, использовать местные языки;

использовать все доступные средства связи (печать, радио, телевидение, кино, видео, театр, танцы, песни, традиционные способы повествования) в соответствии со зрительским уровнем и симпатиями. Непосредственное общение с помощью наглядных средств следует использовать там, где низок уровень грамотности. Очень хорошо могут работать традиционные методы.

Авторы Стратегии призывают каждого оценить свое личное поведение в соответствии с моделью устойчивого развития, а также провести оценку политики и практики тех гражданских групп, обществ, форм, наций к которым они принадлежат. Если осознана необходимость в изменении поведения, все должны работать в этом направлении.

«Забота о Земле. Стратегия устойчивого существования» представляет собой и анализ, и план действий. Это весьма общее и в то же время практическое руководство в области политики, которую нам необходимо выработать, и конкретных действий по ее выполнению. Стратегия основана на заботе о природе и человечестве и опирается на принцип взаимодействия на индивидуальном, местном, национальном и международном уровнях.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы, посвященные значению принципов устойчивого развития системы человек – общество – природа для претворения в жизнь модели устойчивого развития региона, РФ, мира.

Практическое занятие

Составление таблицы с указанием принципов устойчивого развития и их значение для нормального функционирования модели устойчивого развития (существования) системы человек – общество – природа.

Деловая игра

Учащиеся делятся на две группы – оптимистов и пессимистов. Оптимисты утверждают (доказывают), что все девять принципов устойчивого развития системы человек – общество – природа вполне реальны, могут и должны быть внедрены в жизнь каждого человека, общества, государства, всего человечества, а пессимисты, опираясь на знание психологии и мотивации поступков людей, утверждают (доказывают), что это недостижимая мечта.

3.7. Факторы устойчивого развития системы человек – общество – природа

В Декларации и Плане выполнения решений Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию в Йоханнесбурге (2002г.) указано на важность включения концепции устойчивого развития в системы образования всех уровней.

В декабре 2002г. на 57 сессии Генеральной Ассамблеи ООН было провозглашено, что десятилетие, начинающееся с 2005 года, объявлено десятилетием образования в интересах устойчивого развития. Качественное непрерывное экологическое образование для всех в свете концепции устойчивого развития – приоритет устойчивого развития общества.

С позиции экологии мы должны рассматривать не просто устойчивое развитие самого общества, а устойчивое развитие системы человек – общество – природа, охватывающий всю биосферу, к которой относится и человек со всеми его желаниями, мечтами и потребностями.

В системе человек – общество – природа выделяются три взаимосвязанные системы: человек – общество, человек (как индивид) – природа, общество – природа. Последние две подсистемы нередко рассматривают совместно под общим названием "общество – природа". В дальнейшем мы также будем придерживаться данной общей классификации, так как нередко очень затруднительно провести грань между воздействием на природу общества целиком и отдельно людей, составляющих это общество.

Факторы, обеспечивающие устойчивое развитие системы человек – общество – природа, целиком зависят свободной воли людей и от их желания жить в мире друг с другом и природой. Лично от каждого человека зависит сможем ли мы жить "по средствам", когда не "бытие определяет сознание", а "сознание определяет бытие". Для выживания человечества и спасения биосферы необходимо изменить господствующие обычаи и привычки, господствующее ныне потребительское отношение друг к другу и к природе. У природы и общества общая судьба. Их будущее зависит от каждого из нас. Целостность природной среды – гарантия существования человека как вида. В экологическом кодексе России подчеркивается, что современная "деградация нравственности и природы взаимообусловлены…В каждом конкретном случае следует поступать, согласно правилу: относись к природе так, как хочешь, чтобы относились к тебе…Свобода природопользования ограничивается нравственными и правовыми нормами и естественными законами развития жизни на Земле. Игнорирование их ведет к деградации природы, нарастанию социально-экономических трудностей и, в конечном счете, к гибели человечества и живой природы".

Учитывая данные обстоятельства, следует выделить основные группы основополагающих факторов устойчивого развития: для подсистемы человек общество группа факторов социальной устойчивости, для подсистемы общество – природа две группы факторов, зависящих как от проводимой природоохранной государственной экополитики, так и от экологической культуры общества и каждого человека в отдельности (см.табл.).

Факторы устойчивого развития системы человек– общество – природа

Факторы устойчивого развития подсистемы человек– общество

1. Толерантность
2. Демократическое государство и право, основанное на социальной справедливости
3. Достойный уровень и качество жизни
4. Социальная активность и ответственность граждан
5. Межгосударственное равноправие, солидарность и взаимопомощь
6. Обеспеченность природными ресурсами
7. Пригодная для жизни окружающая среда

Факторы устойчивого развития подсистемы общество– природа

Государственная экополитика

1. Экологическое право
2. Охрана окружающей среды
3. Планирование семьи
4. Рациональное природопользование и ресурсосбережение
5. Экологизация науки, техники и производства
6. Восстановление природных ресурсов и экосистем
7. Непрерывное экологическое образование, воспитание и просвещение населения

Экологическая культура

1. Экологическое мировоззрение
2. Высокая нравственность
3. Экологическая грамотность и информированность
4. Экологически грамотное поведение и образ жизни
5. Активная эколого-просветительская и природоохранная деятельность
6. Экологизация литературы, СМИ и искусства
7. Неформальные эклогические движения и объединения

3.8. Законы ноосферы

- *Исторические предпосылки (закономерности) возникновения ноосферы (В. И. Вернадский)*
- *Закон ноосферы В. И. Вернадского*
- *Фундаментальная константа ноосферы – нравственность*
- *Закон необходимости победы экологического мировоззрения*
- *Закон неизбежности увеличения роли экополитики*
- *Принципы нарастания целенаправленного воздействия людей на систему человек – общество – природа*
- *Закон гармонического примирения свободы и национальных особенностей с планированием и объединением (П. Тейяр)*
- *Закон единения действий и идей человечества (В. И. Вернадский)*

Ноосфера (от греч. noos – разум и сфера) **– новое эволюционное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится решающим фактором ее развития.**

Понятие «ноосфера» введено в науку молодым французским ученым Эдуардом Леруа и Пьером Тейяром де Шарденом в 1927 году под впечатлением парижских лекций русского академика В. И. Вернадского об эволюции биосферы и появления новой мощной геологической силы в биосфере – человека.

Развивая научные выводы академика В. И. Вернадского об общей направленности эволюции биосферы, французские ученые пришли к мысли о эволюции сознания и о создании на Земле на завершающем этапе ее биологической эволюции сферы разума – ноосферы. П. Тейяр де Шарден писал:

> «*Ноосфера стремится стать единой замкнутой системой, где каждый элемент в отдельности видит, чувствует, желает, страдает так же, как все другие, и одновременно с ними* ».

В. И. Вернадский развил представление о ноосфере как новой форме организованности, возникшей при взаимодействии природы и общества.

Он говорил, что мы живем на переломе, в исключительно важную, по существу новую эпоху жизни человечества, его истории на нашей планете.

Впервые человек охватил своей жизнью, своей культурой всю биосферу.

В своей книге «Размышления натуралиста» академик В. И. Вернадский (1941-1942 г.г.) привел четыре основные **исторические предпосылки (закономерности) возникновения ноосферы в современную эпоху**:

1. Никогда не было в истории человечества ныне наблюдений его вселенности – с одной стороны, полного захвата человеком биосферы для жизни, и, с другой стороны, отсутствия оторванности отдельных поселений благодаря быстроте сношений и передвижений;
2. Никогда (ранее) в истории человечества интерес и благо всех не ставились реальной государственной задачей. И только теперь народные массы получают все растущую возможность сознательно влиять на ход государственных и общественных дел. Впервые реально поставлена и уже не может сойти с поля зрения борьба с бедностью и ее последствиями (недоеданием) как научная и государственная задача;
3. Впервые поставлена как такая же задача проблема сознательного регулирования деторождаемости, продления жизни, ослабления болезней для всего человечества.
4. Впервые ставится задача проникновения научного знания во все человечество.

Академик В. И. Вернадский писал (1941-1942г.г.): «Мы живем на переломе, в исключительно важную, по существу новую эпоху жизни человечества, его истории на нашей планете». Он подчеркивал, что человек впервые реально понял то, что он житель планеты и может и должен мыслить и действовать в новом аспекте, не только в аспекте отдельной личности, семьи или рода, государств или их союзов, но и в планетном аспекте. Человек, как и все живое, может мыслить и действовать в планетном аспекте только в области жизни – в биосфере, в с которой он неразрывно, и закономерно связан и уйти из которой он не может. **Его существование есть ее функция.**

Он несет ее с собой всюду. И он ее неизбежно, закономерно, непрерывно изменяет, преобразует биосферу в ноосферу.

Академик В. И. Вернадский пишет: «Мы ясно видим, что это начало стихийного движения, природного явления, которое не может быть остановлено случайностями человеческой истории…Борьба, которая идет с этим основным историческим течением, заставляет и идейных противников фактически ему подчиняться. Государственные образования, идейно не признающие равенства и единства всех людей, пытаются, не стесняясь в средствах, остановить их стихийное проявление, но едва ли можно сомневаться, что эти утопические мечтания не смогут прочно осуществляться. Это неизбежно скажется с ходом времени, рано или поздно, так как **создание ноосферы из биосферы есть природное явление** » **(закон ноосфрры В. И. Вернадского)**.

Закон ноосферы В. И. Вернадского подчеркивает, что хаотическое социально – экологическое саморазвитие, основанное на процессах естественной саморегуляции, будет заменен разумной стратегией, базирующейся на прогнозно-плановых началах, регулировании процессов естественного развития.

Ноосфера – это цель к осуществлению которой должно стремиться человечество. Закон ноосферы в настоящее время точен в том смысле, что если человечество не начнет разумно регулировать свою численность и давление на природу, сообразуясь с ее законами, биосфера в измененном виде может сохраниться, но современная цивилизация, а не исключено и вид Homo sapiens погибнут. Только полная гуманизация общества, относительно бесконфликтно его включение в систему биосферы, основанное на использовании только прироста ресурсов, может спасти человечество. **Управлять люди будут не природой, а прежде всего собой. И в этом смысл закона ноосферы.** Именно поэтому **фундаментальная константа ноосферы – нравственность.**

Нравственность (мораль) – это правила, нормы общежития, поведения людей, определяющие их обязанности и отношения друг к другу и к обществу.

Нравственность не абстрактная, а историческая категория.

Ноосферная нравственность подчинена интересам гармонического развития общества и природы на основе сознательного использования природы в жизни человека и общества. Она может победить только в борьбе с пережитками морали, основанной на потребительском мировоззрении, при полной поддержке государства, общества и каждого человека в отдельности.

Неслучайно поэтому 21-й век считается веком информатики и экологии (см.блок-схему). Информатика способствует развитию интеллекта, который как показывает история, без духовной (гуманистической) составляющей, рождает потребительное мировоззрение человека, общества и государства.

Потребительское мировоззрение приводит к бездуховности, безнравственности, хотя и приводит к увеличению материальных благ и комфортности жизни за счет уничтожения природы, загрязнения окружающей среды на фоне социальной несправедливости и роста демографического кризиса, что вызывает в конце концов войны, революции, экологические катастрофы и ведет к гибели цивилизации (см. блок - схему).

Поучительным историческим примером подобного сценария развития исторических событий является античный мир, в котором интеллектуальное (научно- философское и искусствоведческое) развитие достигло наивысшего расцвета, но потребительское мировоззрение, безнравственность и хищническое отношение к природе привели в конце концов к его гибели. Не последней причиной гибели античный государств является, видимо, и прямой признак грядущей гибели цивилизации – уменьшение роста численности населения этих государств (демографический кризис) на фоне демографического взрыва у окружающих их «варваров» (кочевых племен, германцев и др.).

Основные черты аналогичного развития исторического сценария налицо и у современного техногенного общества: широкомасштабное уничтожение природы, бездуховность, безнравственность и социальная несправедливость, сопровождающиеся войнами, революциями, экологическими катастрофами и демографическим кризисом в развитых странах, носителях современной техногенной цивилизации.

Создавшуюся угрожающую для жизни на Земле ситуацию может спасти только экологическое мировоззрение, основанное на высокой духовности, высокой нравственности и на глубоком знании (понимании) законов развития системы человек – общество – природа, а также широкое общественное движение и государственная политика. Все это вместе взятое способствует достижению гармонии с природой и ее сохранению (см. блок - схему).

Переход от потребительского мировоззрения к экологическому жизненно необходим, и он произойдет, если люди все свои помыслы и действия подчинят главной цели – избежать глобальную экологическую катастрофу и гибель человечества (**закон необходимости победы экологического мировоззрения**).

Гармоничное сочетание информатики и экологии (экологического мировоззрения) позволит достичь гармонии с природой и обеспечить дальнейшее развитие человечества на более высоком (ноосферном) уровне общественного сознания.

Высокая нравственность человека ноосферы отделяет все мотивации его личных и общественных поступков, направляет всю его сознательную деятельность.

Она основана на внутреннем осознании каждым человеком Земли вынужденной необходимости быть высоко нравственным, т.е. вынужденной необходимостью жить в гармонии с окружающими людьми, народами и природой, т.к. в противном случае неминуемо произойдет глобальная экологическая катастрофа.

Главным препятствием на пути становления «ноосферной» нравственности является современное потребительское мировоззрение человека и общества. Поэтому на стадии становления ноосферы одним из определяющих факторов победы «ноосферной» нравственности является государственная, межгосударственная и планетарная экополитика **(закон неизбежности увеличения роли экополитики**), основанная:

1) на мощной разъяснительной и воспитательной работе при помощи средств массовой информации, различных общественных и государственных организаций и всех других форм и средств воздействия

на индивидуальное и общественное сознание и действие;

2) на административных и законодательных актах (мерах) поощрения экологически оправданных и наказаниях экологически неоправданных форм поведения и деятельности человека, общественных групп и государств.

В условиях становления ноосферы сознательная человеческая деятельность приобретает ряд новых качеств:

она характеризуется огромным размахом, охватившим всю биосферу и тем самым превратившим ее в основной фактор, определяющий ход эволюции биосферы;

развитие познания достигает такого уровня, что сознательно регулируемые процессы взаимодействия общества и природы поддаются прогнозированию;

сознательная человеческая деятельность приобретает черты «разумности», направленности на гармонизацию взаимодействия общества и природы;

экологизация сознания вносит коррективы в иерархию целей человеческой деятельности, человечество начинает мыслить в планетарном аспекте. При постановке целей люди учитывают и предупреждают возможные нежелательные последствия своих действий или даже отказываются от этих действий во имя поддержания оптимальности равновесия с природой.

Поэтому понятие ноосферы как сферы разума фиксирует не только сам факт наличия и функционирования сознания в биосфере Земли и не только увеличение его роли в эволюции планеты, но, главным образом, направленность сознания, нацеленность его на оптимизацию взаимодействия общества и природы. Познание природных и социальных законов, определяющих экологическую целесообразность деятельности человечества, и сознательное осуществление их на практике позволяют объединить общество и природу в единую самоорганизующуюся систему – ноосферу.

Становление ноосферы – длительный процесс. Современный уровень взаимодействия общества и природы можно рассматривать как переход от техносферы к ноосфере.


Информатика
Интеллект
Потребительское мировоззрение
Бездуховность
Безнравственность
Индивидуализм
Материальные блага
Комфортная жизнь
Социальная несправедливость
Уничтожение природы
Загрязнение среды
Демографический кризис
Войны
Революции
Экологическая катастрофа
Гибель цивилизации


Экология
Экологическое мировоззрение
Высокая духовность
Высокая нравственность
Коллективизм
Знание законов природы и ее реакции на антропогенное воздействие
Общественные движения
Социальная справедливость
Глобальная и государственная экополитика
Гармония с природой (сознательное использование природы в жизни человека и общества)

Для окончательного становления ноосферы требуется выполнение определенных условий (**принцип нарастания целенаправленного воздействия людей на систему человек – общество – природа**):

высокий уровень развития общественного сознания;

экологизация всех форм общественного сознания;

утверждение системы ценностей, ориентирующей на повышение роли духовных ценностей по сравнению с материально – вещественными;

установление мира на Земле и устранение из жизни человечества опасности термоядерной войны;

уничтожение национального неравенства;

выравнивание жизненного уровня народов различных регионов планеты и внутри государств;

создание согласованной экономики в масштабах всей планеты;

экологизация обычного производства (создание безотходных и замкнутых производств);

создание более совершенной материально – технической базы;

превращение науки в непосредственную производительную силу;

открытие новых источников энергии, преобразование средств транспорта;

создание более совершенных систем обработки, хранения и поиска информации.

Система «общество – природа» по своему масштабу и внутреннему разнообразию не имеет аналога. У человека нет опыта управления такой системой. К настоящему времени наука накопила много данных, дифференцированных по отраслевому принципу. Анализ же экологических проблем требует межотраслевого, системного подхода. Здесь важно осуществить координацию усилий различных областей знания в соответствии с целевым принципом управления.

Для современного этапа развития науки характерны два существенно важных момента: во-первых, более тесная связь с экономикой, политикой, идеологией; во-вторых, попытки увязать перспективы развития наук с определенными гуманистическими идеалами. Глобальный характер экологической проблематики в значительной мере

предопределяет выдвижение экологии как науки на первый план развития современного научного знания. Экологическое сознание становится все более важным фактором общественного сознания, т.е. начинает выражать его состояние, которое служит промежуточным, регулирующим элементом между двумя сторонами человеческой деятельности – процессом духовного развития и процессом практической деятельности. Экологическому сознанию как элементу ноосферы принадлежит главная роль в гармонизации отношений в системе «общество – природа». Экологическое сознание как решающая планетарная сила создает ноосферу и спасает человечество от самоистребления.

П. Тейяр подчеркивал, что **если у человечества есть будущее, то оно может быть представлено лишь в виде закона гармонического примирения свободы и национальных особенностей с планированием и объединением**, осуществление которого невозможно:

– без рационального регулирования стремлений к свободным пространствам;

– без распределения ресурсов земного шара;

– без оптимального использования сил, которые высвобождены машиной.

«Мы страдаем и беспокоимся, – писал П. Тейяр, – замечая, что нынешние попытки коллективизации человечества приводят, вопреки предвидениям теории и нашим ожиданиям, лишь к упадку и к порабощению сознания. Но какой до сих пор мы избрали путь для единения?

Напрасно мы стремимся, не изменив наших привычек, урегулировать международные конфликты путем исправления границ или превратив в развлекательный «досуг» высвободившуюся активность человечества. Судя по ходу вещей, мы скоро сплющим друг друга, и что-то взорвется, если мы будем упорствовать в стремлении растворить в заботах о наших старых лачугах материальные и духовные силы, отныне скроенные соразмерно миру».

П. Тейяр подчеркивал, что неверно искать продолжение нашего бытия и ноосферы в безличном. Духовный синтез сознания людей – это единство самых различных людей, каждого из нас. Части совер-

шенствуются и завершают себя в органическом целом. Происходит не только сохранение, но и возвеличивание интеллектов (разумов) всех людей благодаря взаимному обогащению. **Вершина нас самих, венец нашей оригинальности – не наша индивидуальность с ее слабостями, а наша алчность. Ее мы можем обрести, объединяясь между собой. Тем меньше наш эгоизм и самомнение, чем больше наше истинное, осознанное «я»**.

Значит, из различных форм деятельности, одушевляющей ноосферу, нам необходимо выявить, уловить и развить объединяющие нас, людей, силы, если мы хотим содействовать происходящему в нас прогрессу эволюции. Такой объединяющей силой прежде всего является любовь ко всему живому, ко всему окружающему нас на Земле, основанная на доброте, умеренности, взаимоуважении, взаимопонимании, терпении и сострадании. Только гуманная, созидающая личность способствует развитию ноосферы, а следовательно, спасению и сохранению жизни на Земле.

Такого **закона единения действий и идей человечества**, никогда раньше не бывало, и ясно, что остановить это движение нельзя. В ближайшем будущем перед учеными встанут небывалые для них задачи: сознательно направлять развитие ноосферы и глубоко осознавать нравственную ответственность ученых за использование научных открытий и научной работы для разрушительной, противоречащей идее ноосферы цели.

«Невозможно усомниться, – подчеркивал П. Тейяр, – что великая машина человечества создана, чтобы действовать, и она должна действовать, производя сверхизобилие духа. Если она не функционирует или, точнее она порождает лишь материю, то значит, она работает на обратном ходу».

В. И. Вернадский был убежден, что главное место в будущей деятельности человека должны занять научные исследования, перерастающие в рациональную организацию Земли. Наступит момент, когда человек признает, что наука для него не побочное занятие, а главная форма деятельности, выход для приложения сил, постоянно высвобождаемых машиной. Люди посвятят свою жизнь скорее

увеличению знания, чем увеличению имущества.

Таким образом, ноосфера – материальное образование, в котором исключительно важную роль играют идеальные свойства одного из компонентов ноосферы – человеческого общества. В качестве идеальных свойств выступает сознание общества, наделение способностью познавать, объяснять, оценивать, предвидеть и направлять действия людей на сохранение, а не на уничтожение биосферы.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся на темы, посвященные значению законов ноосферы в современном развитии системы человек – общество – природа.

Практические занятия

Оставление таблиц с указанием законов ноосферы и причин, препятствующих их воплощению в жизнь человека и общества.

Деловая игра

Учащиеся делятся на две группы – оптимистов и пессимистов. Оптимисты утверждают, что ноосфера будет существовать, а пессимисты отрицают это. Все за и против подтверждаются законами экологии, психологии, социологии и других наук, отражающих объективные и субъективные развития системы человек – общество – природа и всей биосферы в целом.

3.8. Федеральный закон “Об охране окружающей среды”

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» принят 10 января 2002 г. В нем подчеркивается, что в соответствии с Конституцией РФ каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории Российской Федерации.

Федеральный закон определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечении экологической безопасности.

Федеральный закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

В законе «Об охране окружающей среды» сказано, что:

объектами охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности являются (статья 4):

земли, недра, почвы;

поверхностные и подземные воды;

леса и иная растительность, животные и другие организмы и их генетический фонд;

атмосферный воздух, озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство.

В первоочередном порядке охране подлежат естественные экологические системы, природные ландшафты и природные комплексы, не подвергшиеся антропогенному воздействию.

Особой охране подлежат объекты, включенные в Список всемирного культурного наследия и Список всемирного природного наследия, государственные природные заповедники, в том числе биосферные, государственные природные заказники, памятники природы, национальные, природные и дендрологические парки, ботанические сады, лечебно-оздоровительные местности и курорты, иные природные комплексы, исконная среда битания, места

традиционного проживания и хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации, объекты, имеющие особое природоохранное, научное, историко-культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное и иное ценное значение, континентальный шельф и исключительная экономическая зона Российской Федерации, а также редкие или находящиеся под угрозой исчезновения почвы, леса и иная растительность, животные и другие организмы и места их обитания.

В законе «Об охране окружающей среды» подчеркнуто, что хозяйственная и иная деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе следующих принципов (статья 3):

соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду;

обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;

научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды;

охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов как необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности;

ответственность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления за обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности на соответствующих территориях;

платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде;

независимость контроля в области охраны окружающей среды;

презумпция экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности;

обязательность оценки воздействия на окружающую среду при

принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности;

обязательность проведения государственной экологической экспертизы проектов и иной документации, обосновывающих хозяйственную и иную деятельность, которая может оказать негативное воздействие на окружающую среду, создать угрозу жизни, здоровью и имуществу граждан;

учет природных и социально-экономических особенностей территорий при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности;

приоритет сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов;

допустимость воздействия хозяйственной и иной деятельности на природную среду исходя из требований в области охраны окружающей среды;

обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в соответствии с нормативами в области охраны окружающей среды, которого можно достигнуть на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов;

обязательность участия в деятельности по охране окружающей среды органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц;

сохранение биологического разнообразия;

обеспечение интегрированного и индивидуального подходов к установлению требований в области охраны окружающей среды к субъектам хозяйственной и иной деятельности, осуществляющим такую деятельность или планирующим осуществление такой деятельности;

запрещение хозяйственной и иной деятельности, последствия воздействия которой непредсказуемы для окружающей среды, а также

реализации проектов, которые могут привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов, истощению природных ресурсов и иным негативным изменениям окружающей среды;

соблюдение права каждого на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды, а также участие граждан в принятии решений, касающихся их прав на благоприятную окружающую среду, в соответствии с законодательством;

ответственность за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды;

организация и развитие системы экологического образования, воспитание и формирование экологической культуры;

участие граждан, общественных и иных некоммерческих объединений в решении задач охраны окружающей среды;

международное сотрудничество Российской Федерации в области охраны окружающей среды.

Отдельная статья в законе «Об охране окружающей среды» посвящена правам и обязанностям граждан в области охраны окружающей среды (статья 11). В ней сказано:

1. **Каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду, на ее защиту от негативного воздействия, вызванного хозяйственной и иной деятельностью, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера, на достоверную информацию о состоянии окружающей среды и на возмещение вреда окружающей среде.**

2. Граждане имеют право:

создавать общественные объединения, фонды и иные некоммерческие организации, осуществляющие деятельность в области охраны окружающей среды;

направлять обращения в органы государственной власти Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления, иные организации и должностным лицам о получении своевременной, полной и

достоверной информации о состоянии окружающей среды в местах своего проживания, мерах по ее охране;

принимать участие в собраниях, митингах, демонстрациях, шествиях и пикетировании, сборе подписей под петициями, референдумах по вопросам охраны окружающей среды и в иных не противоречащих законодательству Российской Федерации акциях;

выдвигать предложения о проведении общественной экологической экспертизы и участвовать в ее проведении в установленном порядке;

оказывать содействие органам государственной власти Российской Федерации, органам государственной власти субъектов Российской Федерации, органам местного самоуправления в решении вопросов охраны окружающей среды;

обращаться в органы государственной власти Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и иные организации с жалобами, заявлениями и предложениями по вопросам, касающимся охраны окружающей среды, негативного воздействия на окружающую среду, и получать своевременные и обоснованные ответы;

предъявлять в суд иски о возмещении вреда окружающей среде;

осуществлять другие предусмотренные законодательством права.

3. Граждане обязаны:

сохранять природу и окружающую среду;

бережно относиться к природе и природным богатствам;

соблюдать иные требования законодательства.

Семинар

Обсуждение под руководством преподавателя сообщений и докладов учащихся по Федеральному закону РФ «Об охране окружающей среды» с обоснованием необходимости и оправданности содержащихся в нем положений, исходя из известных законов экологии.

Практическое занятие

Составление таблицы отдельных положений закона «Об охране окружающей среды» и обусловивших их появление законов экологии.

Деловая игра

Учащиеся делятся на законодателей и экологов-экспертов. Законодатели приводят статьи (или выдержки из них) закона «Об охране окружающей среды» и обосновывают ее необходимость в законе. Экологи-эксперты проводят экспертизу данной статьи (или отдельных ее положений) с позиций соответствия ее законам экологии.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

(*основные понятия, используемые в Федеральном законе «Об охране окружающей среды»*)

Окружающая среда — совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов;

природная среда (далее также — природа) — совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов;

компоненты природной среды — земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле;

природный объект — естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства;

природно-антропогенный объект — природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение;

антропогенный объект — объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов;

естественная экологическая система — объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-терри-

ториальные границы и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее элементы взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией;

природный комплекс — комплекс функционально и естественно связанных между собой природных объектов, объединенных географическими и иными соответствующими признаками;

природный ландшафт — территория, которая не подверглась изменению в результате хозяйственной и иной деятельности и характеризуется сочетанием определенных типов рельефа местности, почв, растительности, сформированных в единых климатических условиях;

охрана окружающей среды — деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий (далее также — природоохранная деятельность);

качество окружающей среды — состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью;

благоприятная окружающая среда — окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов;

негативное воздействие на окружающую среду — воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды;

природные ресурсы — компоненты природной среды, природные объекты и природно-антропогенные объекты, которые используются

или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность;

использование природных ресурсов — эксплуатация природных ресурсов, вовлечение их в хозяйственный оборот, в том числе все виды воздействия на них в процессе хозяйственной и иной деятельности;

загрязнение окружающей среды — поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду;

загрязняющее вещество — вещество или смесь веществ, количество и (или) энергия, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду;

загрязняющее вещество — вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду;

нормативы в области охраны окружающей среды (далее также — природо-охранные нормативы) — установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие;

нормативы качества окружающей среды — нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда;

нормативы допустимого воздействия на окружающую среду — нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды;

нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружаю-

щую среду — нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие;

нормативы допустимых выбросов и сбросов химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов (далее также — нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов) — нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды;

технологический норматив — норматив допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов, который устанавливается для стационарных, передвижных и иных источников, технологических процессов, оборудования и отражает допустимую массу выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции;

нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов (далее также — нормативы предельно допустимых концентраций) — нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде и несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем;

нормативы допустимых физических воздействий — нормативы,

которые установлены в соответствии с уровнями допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды;

лимиты на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов (далее также — лимиты на выбросы и сбросы) — ограничения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в окружающую среду, установленные на период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий, в целях достижения нормативов в области охраны окружающей среды;

оценка воздействия на окружающую среду — вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления;

мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) — комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов;

государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) — мониторинг окружающей среды, осуществляемый органами государственной власти Российской Федерации и органами государственной власти субъектов Российской Федерации;

контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) — система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды;

требования в области охраны окружающей среды (далее также — природо-охранные требования) — предъявляемые к хозяйствен-

ной и иной деятельности обязательные условия, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, природоохранными нормативами, государственными стандартами и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды;

экологический аудит — независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности;

наилучшая существующая технология — технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющая установленный срок практического применения с учетом экономических и социальных факторов;

вред окружающей среде — негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов;

экологический риск — вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера;

экологическая безопасность — состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Библиографический список

Арский Ю. М., Данилов-Данильян В. И. и др. Экологические проблемы, что происходит, кто виноват и что делать. Уч. пособие. М., МНЭПУ, 1997.

Агаджанян Н. А., Трошин В. И. Экология человека. М., 1994.

Баландин Р. К., Бондарев Л. Г. Природа и цивилизация. М., Мысль, 1988.

Брагина С. В., Игнатович И. В., Сарьян А. В. Взаимоотношения общества и природы. М., НИА — природа 1999.

Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Кн. 1, 2. М., 1975.

Вилли К., Детье В. Биология (биологические процессы и законы). М., Мир, 1977.

Винокурова Н. Ф., Трушин В. В. Глобальная экология. Учебник для 10—11 кл. М., Просвещение, 1998.

Глазачев С. Н., Козлова О. Н. Экологическая культура. Учебное пособие. М., Горизонт, 1997.

Глобальная экологическая перспектива. ЮНЕП, 2000.

Голубев В. С., Шаповалова Н. С. Человек в биосфере. Учебное пособие для старших классов. М., Варяг, 1995.

Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология в 3-х томах. М., Мир, 1990.

Забота о Земле. Стратегия устойчивого развития. Глан, Швейцария, октябрь 1991 (на русском языке).

Захлебный А. Н., Суравегина И. Т. Экологическое образование школьников во внеклассной работе. Пособие для учителя. М., Просвещение, 1984.

Израэль Ю. А., Равинский Ф. Я., Берегите биосферу. М., Педагогика, 1987.

Каррыев Б. Б., Алексеев С. В. Введение в агроэкологию. С.-П., Крисмас, 1999.

Кормильцин В. И., Цицкишвили М. С., Яламов Ю. И. Основы экологии. Учебное пособие. М., МПУ, 1994.

Котляков В. М. География в меняющемся мире. М., Наука, 2001.

Красная книга Российской Федерации. М., 1995.

Круть И. В., Забелин И. М. Очерки истории представлений о взаимоотноше-нии природы и общества. М., Наука, 1988.

Лосев А. В., Провадкин Г. Г. Социальная экология. М., Владос, 1998.

Мамедов Н. М., Суравегина И. Т., Глазачев С. Н. Основы общей экологии. Учебник для старших классов. М., МДС, 1998.

Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Экология России. Учебник для 9—11 кл. М., МДС, 1995.

Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Ролевые игры по экологии. Пособие для учителя. М., Устойчивый мир, 2000.

Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера. М., Молодая гвардия, 1990.

Моисеев Н. Н. Экология и образование. М., МДС, 1996.

Небел Б. Наука об окружающей среде. Т. 1, 2, М., Мир, 1993.

Никаноров А. М., Хоружая Т. А. Экология. М., ПРИОР, 1999.

Одум Ю. Основы экологии. М., Мир, 1975.

Одум Ю. Экология в 2-х томах. М., Мир, 1986.

Ратанова М. П., Сиротин В. И. Рациональное природопользование и охрана окружающей среды. Учебное пособие. М., 1995.

Реймерс Н. Ф. Природопользование (словарь-справочник). М., Мысль, 1990.

Реймерс Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М., Россия молодая, 1994.

Родзевич Н. Н., Пашканг Н. В. Охрана и преобразование природы. М.

Тейяр де Шарден. Феномен человека. М., 1987.

Чернова Н. М. и др. Экология. Учебник. М., 1988.

Яблоков А. В., Остроумов С. А. Охрана живой природы (проблемы и перспективы). М., Лесная промышленность, 1983.

Об авторе



Зверев Анатолий Тихонович

Академик Международной академии наук Экологии и Безопасности жизнедеятельности, Заслуженный работник Высшей школы Российской Федерации, Почетный работник науки и техники Российской Федерации, лауреат премии имени Ф.Н. Крассовского.

Доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой природопользования и географии Московского государственного университета геодезии и картографии.

Автор учебного комплекта по экологии для 1-11 классов средней общеобразовательной школы, для системы непрерыного экологического образования школьников. Учебный комплект включает программу, учебники, практикумы, рабочие тетради, пособия для учителя. В дополнение к комплекту изданы : учебное пособие “Законы экологии”, экологические игры, экологический атлас для школьников.

Зверев Анатолий Тихонович

Основные законы экологии

Выпускающий редактор А.Н. Андреевский
Издательский дом “Паганель”

Москва, Сокольническая площадь, д. 4а
Тел./факс: (499) 175-8371
Электронная почта: director@paganel.info

Выпуск в свет 23.10.2009
Формат 60x84 1/16. Гарнитура
Печ.л. 10,75.

ISBN 978-5-902889-05-1



ISBN 978-5-902889-05-1

